COSMOS

SAGGIO

DI UNA

DESCRIZIONE FISICA DEL MONDO

DI

ALESSANDRO HUMBOLDT

Prima Versione Italiana

DI

GIULIO VALLINI

VOLUME I

Seconda edizione

VENEZIA
G. GRIMALDO TIP. CALC. EDIT.
Premiato della grande Medaglia d' Oro per le Arti.
1860.

AVVERTIMENTO

DEL

TRADUTTORE ITALIANO

ANTEPOSTO ALLA PRIMA EDIZIONE.

Nell' aprile dello scorso anno l' Allemagna e con essa tutto il vasto patrimonio delle scienze naturali si arricchivano dal celeberrimo Alessandro Humboldt di un' opera insigne, il COSMOS, ch' egli dedicava a S. M. il re di Prussia, nella quale tolse a tentare, dic' egli forse troppo modestamente, un saggio della *Descrizione fisica del mondo.*

Parlare del merito di essa è inutile, bastando il gran nome del suo autore a significarlo; discorrere partitamente dello scopo è per lo meno superfluo, poi ch' egli medesimo ne ragiona nella sua Prefazione, che viene qui appresso.

Bensì avvertiremo che tale opera sarà composta di tre volumi, di cui fin ora non uscì che questo primo, il

quale però forma corpo compiuto di per sè. Gli altri due devono tenergli dietro fra breve, ed il secondo anzi dev' essere oggimai anche in corso di pubblicazione, stando agli avvisi di recenti giornali, che riferirono su questo proposito le parole stesse dell' illustre autore.

Certo è poi che le lodi risonarono concordi e solenni da tutte le parti, e che l' opera fu considerata siccome l'espressione fedele dello stato delle scienze fisiche, giunte oramai a così alto grado d' avanzamento.

All'apparire quindi d'un tanto tesoro non potevano le altre nazioni non cercare o desiderare di avvantaggiarne la propria lingua, e perciò si videro a quest'ora quattro versioni inglesi, due delle quali in America, ed una francese.

La prima italiana è la presente. L' assunto non è certo de' più agevoli. Crediamo però di poter asserire che nessuna cura viene per noi trasandata, affinchè la versione stessa abbia a riuscire uno specchio fedele dei concetti del famoso scrittore.

Confessiamo senza riguardo che la nostra base principale fu, per questo volume, l' antedetta versione francese, del sig. Faye, astronomo dell' Osservatorio reale di Parigi, a cui il sommo naturalista affidava sì fatto incarico, e che lo adempiva degnamente, assistito in parte dal sig. Guigniaut e sempre dal sig. Arago, illustri membri amendue dell' Istituto di Francia.

La fatica ne viene così menomata, in quanto che il senso dell' originale è non solo afferrato, ma presentato con quell' ordine e con quella lucidezza che sono pregi peculiari della lingua francese, singolarmente in materia di scienze, di cui essa d' altro canto possiede senza dubbio la più compiuta nomenclatura.

Se non che noi non fummo a ciò contenti; volemmo avere sott' occhio il testo originale medesimo, onde cogli opportuni raffrontamenti cercare di vie meglio conseguire l' intento.

Giova però avvertire che il signor Humboldt non rimase estraneo all' edizione francese, traducendo egli stesso i prolegomeni del Cosmos (contenuti nelle prime 78 pagine del testo tedesco), o più tosto dettando in francese una nuova introduzione, la quale perciò diventò originale, ed è quella a cui ci siamo attenuti esclusivamente nella nostra versione; come per conto della prefazione su ricordata dell' autore medesimo ci siamo pure attenuti a quella che trovasi nell' edizione francese, avendo subìto anch' essa qualche modificazione in confronto della primitiva.

Circa poi le valutazioni delle misure, esse sono quelle che si trovano nella stessa edizione suddetta. Laonde le unità di misura sono le unità legali di Francia. Le indicazioni termometriche si rapportano alla scala centigrada. Le longitudini sono contate a partire dal meridiano di Parigi. Le distanze itinerarie e tutte le grandi misure lineari, che dall' autore furono date in miglia geografiche di 15 al grado equatoriale, sono convertite in miriametri a ragione di 7420 metri per miglio geografico.

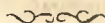
Ne parrebbe finalmente di mancare ad un dovere, se non chiudessimo il nostro avvertimento con le parole stesse con cui dà termine al proprio il traduttore francese: « Si sa, ei dice, che una splendida scoperta fu fatta in astronomia, nel breve lasso di tempo corso dalla pubblicazione del lavoro del sig. di Humboldt: il nostro sistema planetario venne arricchito d' un nuovo astro dal sig. Hencke, di Driessen. Invece di 11 pianeti, è d' uopo d' ora innanzi contarne 12. Ma i computi del sig. di Humboldt non ne patirono danno alcuno; per lo contrario, tale scoperta arreca loro una forza novella, una maggiore conferma. Un certo epiteto, da lui ripetuto con manifesta predilezione, scampò esso pure al pericolo di divenire men giusto da un anno all' altro: intendo parlare di » quelle orbite *sì strettamente intrec-*

ciate dei piccoli pianeti « (die sogenannten kleinen Planeten in ihren *so eng verschlungenen* Bahnen). Ciò ch'è sì vero per le orbite di Cerere, di Pallade, di Giunone, di Vesta, non lo è meno, ed anzi diventa ancora più sorprendente, quando si aggiunge loro quella d' Astrea. »

Venezia, 1846.

G. Vallini.

PREFAZIONE

DELL' AUTORE

Presento a' miei compatriotti, sul declinare della mia vita, un'opera di cui la primigenia idea ha da un mezzo secolo occupata la mia mente, e che spesso abbandonai, dubitando di poter mandare ad effetto un'impresa troppo temeraria: se non che sempre, e forse imprudentemente, mi vi cimentai di nuovo, e persistetti nel mio primo disegno. Presento il COSMOS, ch'è il saggio di una *Descrizione fisica del mondo*, con la timidezza che m'inspira la giusta diffidenza delle mie forze. Procurai di dimenticare che le opere lunga pezza aspettate sono quelle cui il pubblico suol accogliere con meno indulgenza.

Le vicissitudini della mia vita ed una calda brama d'istruirmi sopria svariatissimi oggetti, m'obbligarono ad occuparmi, in apparenza quasi non d'altro e per diversi anni, di scienze speciali, di botanica, di geognosia, di chimica, di posizioni astronomiche e di magnetismo terrestre. M' apparecchiavo con tali studii ad effettuare con profitto viaggi lontani; più alto però n'era lo scopo. Desideravo di conoscere il mondo dei fenomeni e delle forze fisiche nella loro connessità e mutua influenza. Godendo, fin dalla mia prima gioventù, dei

consigli e della benevolenza di uomini superiori, m'ero, di buon' ora persuaso intimamente che senza il desiderio d'acquistare una solida istruzione nelle parti speciali delle scienze naturali, ogni contemplazione della natura in grande, ogni tentativo di comprendere le leggi che compongono la fisica del mondo, non sarebbero che una vana e chimerica impresa.

Le cognizioni speciali, mercè della concatenazione stessa delle cose, si assimilano e si fecondano vicendevolmente. Allorchè la botanica descrittiva non rimane infrenata nell'angusta cerchia dello studio delle forme e della loro unione in genere ed in ispecie, l'osservatore che va peregrinando, sotto climi differenti, per vasti tratti di continente, per montagne ed altipiani, viene da essa guidato ad apprendere le nozioni fondamentali della *Geografia delle piante,* a distribuire i vegetabili secondo la distanza dall'equatore e l'elevazione al dissopra del livello dei mari. Ora, per comprendere le cause complicate delle leggi che regolano tale distribuzione, è d'uopo studiare a fondo le variazioni di temperatura del suolo irradiante e dell' oceano aereo che avviluppa il globo. Il naturalista avido di sapere è per tal guisa condotto da una sfera di fenomeni ad un' altra che ne circoscrive gli effetti. Arida serie di nomi, spoglia d'ogni allettamento, riuscirebbe la geografia delle piante, ov' ella, pressochè ignorata un mezzo secolo addietro, non si chiarisse al lume de' meteorologici studii.

Pochi viaggiatori, facendo parte di scientifiche spedizioni, ebbero al pari di me il vantaggio di avere non pur veduto coste, siccome avviene ne' viaggi intorno al mondo, ma di avere visitato l'interno di due grandi continenti per estesissimi tratti, e là dove cotesti continenti s' improntano delle più spiccate diversità d' oggetti, vale a dire, il paese tropicale ed alpino del Messico o dell' America meridionale, e quello delle steppe dell' Asia boreale. Intraprendimenti di tal fatta do-

veano, attesa la proclività del mio spirito al generaleggiare, avvivar il mio coraggio, e spronarmi a ravvicinare, in un'opera separata, i fenomeni terrestri a quelli che hanno luogo negli spazii celesti. La *descrizione fisica della terra*, fin qui non ben determinata come scienza, divenne, secondo questo divisamento, che a tutte si estendeva le cose create, una *descrizione fisica del mondo*.

Gravi difficoltà stanno incontro ad una tal opera, ove, nel comporla, al merito del fondo scientifico quello unir si voglia della forma letteraria. Trattasi d' apportare l' ordine e la luce nell' immensa dovizia de' materiali che si presentano al pensiero, senza torre ai quadri della natura il soffio che li avviva; imperciocchè chi si limitasse a risultamenti generali, arrischierebbe d' essere tanto arido e monotono quanto lo sarebbe sponendo una moltitudine soverchia di fatti particolari. Non ardisco lusingarmi di aver adempiuto sì difficili condizioni, ed evitato scogli dei quali altro non so dire ch' e' vi sono.

Se pur nutro qualche speranza che il pubblico sia verso di me indulgente, a ciò m' affida l' aver desso da tanti anni fatto buon viso ad un' opera che poco tempo dopo il mio ritorno dal Messico e dagli Stati-Unìti diedi fuori col titolo di *Quadri della natura*, (*). Il quale picciol libro, dettato originariamente in tedesco, e tradotto in francese, con rara perizia dei due idiomi, dal mio vecchio amico Eyriès, tratta alcune parti della geografia fisica, siccome la fisionomia de' vegetabili, delle savane, dei deserti, e l' aspetto delle cataratte, in via di considerazioni generali; e se fu di qualche utilità, ciò non provenne tanto dal merito proprio quanto dall' impulso per esso dato allo spirito ed all' immaginazione d' una gioventù avida di sapere e pronta a commettersi a lontane peregrinazioni. Cercai di far vedere nel

(*) *Ansichten der Natur.*

Cosmos, come nei *Quadri della natura*, che la descrizione esatta e precisa dei fenomeni non è assolutamente inconciliabile con la pittura animata e vivente delle scene grandiose del creato.

Esporre per mezzo di pubbliche lezioni le idee che si credono nuove, mi parve sempre il miglior partito onde chiarirsi del grado di perspicuità di cui le idee stesse possono essere suscettive; laonde tentai questo spediente in due lingue diverse; a Parigi ed a Berlino. Quelle redazioni che da intelligenti uditori si fecero allora, mi restarono ignote; nè volli consultarle. Scrivere un libro è ben altro impegno che dettare pubbliche lezioni a voce. Tranne alcuni frammenti dell' introduzione del *Cosmos*, tutto fu scritto negli anni 1843 e 1844. Il corso fatto dinanzi a due uditorii di Berlino, in settanta lezioni, era anteriore al mio viaggio nel settentrione dell' Asia.

Il primo volume di quest' opera contiene la parte più importante a' miei occhi di tutto il mio assunto, un quadro della natura che presenta il complesso dei fenomeni dell'universo dalle nebulose planetarie fino alla geografia delle piante e degli animali, chiudendo con le razze d' uomini. È preceduto questo quadro da considerazioni sui differenti gradi di diletto che offrono lo studio della natura e la conoscenza delle sue leggi. I limiti della scienza del *Cosmos*, e il metodo secondo il quale tento d' esporla vi sono ugualmente discussi. Tutto ciò che pertiene al corredo delle osservazioni dei fatti particolari ed alle rimembranze dell' antichità classica, eterna fonte d'ammaestramento e di vita, trova suo luogo in annotazioni poste alla fine di cadaun volume (*).

(*) Veramente nella edizione tedesca, che abbiamo sott' occhio, Stoccarda e Tubinga 1845, le annotazioni vengono dopo ciascuna parte distinta dell' opera; ma noi preferiamo, come nell' edizione francese, di porle tutte effettivamente in fine del volume, parendoci meglio di non interrompere così il filo del testo.

Ebbesi sovente a dichiarare una cosa non troppo consolante in apparenza, cioè che tutto quello che non ha radice nelle profondità del pensiero, del sentimento e dell'immaginazione creatrice, tutto quello che dipende dal progresso dell'esperienza, dalle rivoluzioni che la crescente perfezione degli stromenti e la sfera ognora ampliata dell'osservazione inducono nelle fisiche teorie, non tardi ad invecchiare. Le opere sulle scienze della natura portano in tal guisa in sè stesse un germe di distruzione, maniera che in meno d'un quarto secolo, stante il rapido incedere delle scoperte, sono dannate all'obblìo, nè più leggonsi da chiunque è all'altezza delle cognizioni presenti. Io non vo'negare che tali riflessioni non sieno giuste, ma son di parere che coloro i quali da un diuturno ed intimo commercio con la natura ritrassero il sentimento della sua grandezza, rinvigorendo così l'animo e la mente, non dovrebbero affligersi di vederla sempre vie meglio conosciuta, di vedere ampliarsi di continuo l'orizzonte delle idee come quello dei fatti. V'ha ancora di più: nello stato attuale delle nostre cognizioni, importantissime parti della fisica del mondo posano sopra solide basi. Un tentativo di raccogliere ciò che, in un dato tempo, venne scoperto negli spazii celesti, alla superficie del globo, ed alla piccola distanza in cui ci è consentito di leggere nelle profondità sue, potrebbe, se non erro, quali sieno i futuri progressi della scienza, offrire ancora qualche attrattiva, s'ei riuscisse a delineare con vivacità una parte almeno di ciò che la mente dell'uomo scorge di generale, di costante, d'eterno, tra le apparenti fluttuazioni dei fenomeni dell'universo.

Potsdam, nel mese di novembre 1844.

CONSIDERAZIONI

SUI

DIFFERENTI GRADI DI DILETTO CHE OFFRONO L' ASPETTO DELLA NATURA E LO STUDIO DELLE SUE LEGGI.

Nel cimentarmi, dopo una non breve assenza dalla mia patria, a sviluppare il complesso dei fenomeni fisici del globo e l'azione simultanea delle forze che animano gli spazii celesti, sentomi colto da due differenti apprensioni. Da un canto, sì vasta e sì svariata è la materia ch'io tratto, che non vorrei imprendere a discorrerla con isfoggio di scienza soverchio e leggiero ad un tempo; dall'altro debbo guardarmi d'affaticare la mente con aforismi i quali sotto forme aride e dogmatiche altro non offrirebbero che nozioni troppo vaghe e generali. L'aridezza è spesso una conseguenza della concisione, là dove il voler abbracciare troppe cose in una volta fa sì che la perspicuità e l'esattezza vengano meno nella concatenazione delle idee. La natura è il regno della libertà, e per dipingere al vivo i concepimenti e i diletti che scaturiscono da un sentimento profondo della natura, sarebbe mestieri che il pensiero vestir potesse con pari libertà quelle forme e quella sublimità di linguaggio che si attemprano degnamente alla grandezza e alla maestà del creato.

Ove lo studio dei fenomeni fisici, meglio che ne' suoi legami coi bisogni materiali della vita, considerato venga nella

sua generale influenza sugl' intellettuali progressi dell' umanità, il risultamento d' una tale investigazione riesce della più alta importanza, in quanto che si arriva a conoscere come le forze della natura si connettano insieme, e ad acquistare l' intimo sentimento della loro mutua dipendenza. Allo scorgere così fatte relazioni, l' intelletto vede allargarsi il suo orizzonte e gusta le più nobili dilettazioni. Cotesto allargarsi poi delle sue vedute è l' opra dell' osservare, del meditare e dello spirito nel tempo al quale tutte convengono le direzioni del pensiero. A chiunque sa farsi strada a traverso il cumulo dei secoli anteriori all' epoca in cui le cognizioni nostre misero profonde radici, la storia rivela come, da migliaia d' anni, abbia l' umano genere cercato di afferrare, in mezzo a mutazioni di continuo rinascenti, l' invariabilità delle leggi della natura, e mirato al progressivo conquisto d' una gran parte del mondo fisico mercè la possa dell' intelligenza. Interrogare gli annali della storia è indagare quella traccia misteriosa sulla quale l' imagine stessa del *Cosmos*, che si è rivelata primitivamente al senso interno come un vago presentimento dell' armonia e dell' ordine nell' universo, s' appresenta oggidì alla mente come frutto di diuturne e rigorose osservazioni.

Alle due epoche della contemplazione del mondo esterno, al primo destarsi della riflessione ed all' epoca d' una civiltà inoltrata, fanno riscontro due generi di godimenti. L' uno, proprio dell' ingenuità primitiva delle vecchie età, scaturisce dalla divinazione dell' ordine di cui sono indizii il pacifico succedersi de' corpi celesti e lo svilupparsi progressivo della organizzazione. Un altro dilettamento deriva dalla conoscenza precisa dei fenomeni. Subito che l' uomo, interrogando la natura, non istà più contento all' osservare, ma dà vita a fenomeni sotto determinate condizioni; subito che raccoglie e registra i fatti per estendere l' investigazione oltre la breve durata della sua esistenza, la *filosofia della natura* si spoglia

delle forme poetiche e vaghe che le appartennero fin dall' origine; assume un carattere più severo, pondera il valore delle osservazioni, non è più divinatrice, combina e ragiona. Allora le dogmatiche idee dei secoli anteriori non trovano più alimento, che ne' pregiudizii del popolo o delle classi che gli sono simili pel loro difettare di lumi; si rendono perpetue specialmente in alcune dottrine, le quali per occultare la propria debolezza, amano palliarsi d'un mistico velame. Le lingue sopracariche di figurate espressioni portano lunga pezza le tracce di quelle prime intuizioni. Uno scarso numero di simboli, parti d'una felice ispirazione de' tempi primitivi, vanno assumendo a poco a poco forme meno vaghe; meglio interpretati, rimangono anzi nello scientifico linguaggio.

La natura, considerata razionalmente, vale a dire assoggettata nel suo complesso all' elaborazione del pensiero, è l' unità nella diversità dei fenomeni, l' armonia fra le cose create dissimili per la loro forma, per la loro costituzione propria, per le forze da cui sono animate; essa è il Tutto (τὸ πάν) penetrato da un soffio di vita. Il risultamento più importante d'uno studio razionale della natura quello si è di afferrare l' unità e l' armonia in così immensa faraggine di cose e di potenze, d' abbracciare con pari ardore ciò ch' è dovuto alle scoperte dei secoli trascorsi ed a quelle del tempo in cui viviamo, di sottoporre ad analisi le minute parti dei fenomeni senza soccombere sotto la loro congerie. Messo su questa via, è dato all' uomo, degno mostrandosi dell' alto suo destino, di comprendere la natura, di svelare alcuni de' suoi segreti, di assoggettare alle esercitazioni del pensiero, alle conquiste dell' intelletto, ciò che fu raccolto dall' osservazione.

Tosto che si prendono a disaminare i differenti gradi di diletto di cui è fonte la contemplazione della natura, troviamo doversi collocare in primo grado un' impressione indipendente al tutto dall' intima conoscenza dei fenomeni fisici, indi-

pendente altresì dal carattere individuale del paese, dalla fisionomia della regione che ne circonda. Da per tutto ove, in una pianura uniforme e di sconfinato orizzonte, il suolo è coperto di piante d'una medesima specie (eriche, cisti o graminee), da per tutto ove le onde del mare bagnano la spiaggia e mostrano le loro tracce per mezzo di strie verdeggianti d'ulva e di fuco fluttuante, il sentimento della natura, libera e grande, invade l'animo nostro e ci rivela, come per una misteriosa inspirazione, l'esistenza di leggi che regolano le forze dell'universo. Il semplice contatto dell'uomo con la natura, l'influenza dell'aria libera esercitano una virtù calmante: leniscono il dolore e sedano le passioni quando l'anima è negl'imi suoi recessi agitata. Dovunque si largiscono all'uomo questi benefizii, qual sia la zona da lui abitata, qual sia il grado d'intellettuale coltura a cui s'è innalzato. Quanto di grave e di solenne s'accoglie nelle impressioni qui accennate, deriva dal presentimento dell'ordine e delle leggi che nasce a nostra insaputa al semplice contatto con la natura; deriva dal confronto dei limiti angusti dell'essere nostro con quella imagine dell'infinito che si rivela d'ogni parte, nella stellata vôlta del cielo, in una pianura interminabile, nell'orizzonte nebbioso dell'Oceano.

Un'altro diletto è quello che sorge dal carattere individuale del paese, dalla configurazione della superficie del globo in una regione determinata. Impressioni di tal fatta sono più vive, meglio definite, più conformi a certi stati dell'animo. Talvolta ciò che lo tocca è la grandezza delle masse, la lotta degli elementi scatenati o la triste nudità delle steppe, come nel settentrione dell'Asia; tal altra, inspirato da sentimenti più dolci, e l'aspetto dei campi onusti di pingui messi, è l'abitazione dell'uomo alla sponda del torrente, la selvaggia fecondità del suolo reso domo dall'aratro. Più che sui gradi di forza onde le emozioni vanno distinte, noi qui

insistiamo sulle differenze di sensazioni che sono prodotte dal carattere del paese, e che da esso ritraggono dilettazione e durata.

Se lecito mi fosse d' abbandonarmi alle rimembranze di lontane peregrinazioni, vorrei indicare, tra i diletti che procacciano le grandi scene della natura, la calma e la maestà delle notti dei tropici, allorchè le stelle, spoglie di scintillazione, versano un dolce lume planetario sulla superficie mollemente agitata dell' Oceano; rammenterei le vallate boscose delle Cordigliere, ove gli elevati fusti de' palmizii, agitando le loro frecce screziate, spuntan fuori dai frondosi padiglioni, e formano, in lunghe colonnate, « una foresta sulla foresta (1) »; descriverei la sommità del picco di Teneriffa, allorquando uno strato orizzontale di nubi, di smagliante bianchezza, separa il cono delle ceneri del piano inferiore, e d' un tratto, per mezzo d'un varco dischiuso da una sagliente correntia d'aria, dall'orlo stesso del cratere, lo sguardo può discendere sui vigneti dell'Orotava, i giardini d'aranci ed i gruppi fronzuti dei banani del litorale. In queste scene, lo ripeto, non è più l' incanto tranquillo uniformemente sparso sulla natura che ci muove, è la fisionomia del suolo, la sua configurazione propria, il miscuglio incerto del contorno delle nubi, della forma delle isole vicine, dell'orizzonte del mare disteso come uno specchio od avviluppato da un vapore mattutino. Tutto ciò che sfugge ai sensi, che non può essere pienamente compreso, la terribilità stessa d' un sito romantico può divenire una sorgente di diletto per l' imaginazione, la quale esercita allora liberamente la sua facoltà creatrice. Nel vago ondeggiamento delle sensazioni, le impressioni cangiano coi moti dell' animo, e, per un dolce e facile inganno, crediamo di ricevere dal mondo esterno ciò che idealmente noi stessi vi abbiamo deposto senza saperlo.

Allorchè dopo una lunga navigazione, lontani dalla patria, sbarchiamo la prima volta sopra una terra dei tropici, siamo

piacevolmente sorpresi riconoscendo nelle circostanti rocce que' medesimi schisti inclinati, que' medesimi basalti in colonne coperti d'amigdaloidi cellulari che lasciammo sul suolo europeo, e la cui identità, in zone sì diverse, ci ricorda che la crosta della terra, nel solidificarsi, è rimasta indipendente dall'influenza dei climi. Ma queste masse petrose di schisto e di basalto trovansi coperte di vegetabili d'una foggia che ci sorprende, d'una fisionomia sconosciuta. Attorniati così da forme colossali e dalla maestà d'una flora straniera, noi proviamo allora come, per la maravigliosa flessibilità della nostra natura, l'anima si apre facilmente alle impressioni che hanno fra esse un legame ed un'analogia segreta. Noi ci rappresentiamo sì strettamente congiunto tutto quanto si riferisce alla vita organica, che se a primo tratto ne sembra che una vegetazione simile a quella del paese natìo dovrebbe allettare i nostri occhi più che altra, nella stessa guisa che più dolce suona al nostro orecchio il patrio idioma, ci sentiamo nondimeno a poco a poco avvezzare alla natura di que' nuovi climi. Cittadino del mondo, l'uomo in ogni luogo si rende familiare con quanto gli sta d'intorno. A qualche pianta delle regioni lontane, il colono applica nomi che porta seco dalla madre patria come un ricordo che temerebbe di perdere. In virtù delle misteriose relazioni che corrono tra i differenti tipi dell'organizzazione, le forme delle piante straniere si affacciano al suo pensiero, come abbellite dall'imagine di quelle che attorniarono la sua culla. Di tal maniera l'affinità delle sensazioni conduce allo stesso scopo a cui giunge in appresso la comparazione laboriosa dei fatti, alla intima persuasione che tutta la natura è da un solo ed indestruttibile nodo incatenata.

Temerario più che mai è il tentativo di scomporre la magia del mondo fisico ne' suoi diversi elementi, atteso che il grande carattere d'una regione e di una scena grandiosa

della natura dipende dall' azione simultanea delle idee e dei sentimenti che si trovano eccitati nell' osservatore. La potenza della natura si rivela, per dir così, nella connessità delle impressioni, in quella unità d' emozioni e d' effetti che si producono in qualche modo d' un solo tratto. Ove si voglia indicare le loro fonti parziali, convien discendere per opra dell' analisi all' individualità delle forme ed alla diversità delle molle. Gli elementi più svariati e più ricchi di tal genere di analisi ricorrono agli occhi de' viaggiatori ne' paesi dell' Asia australe, nel grande arcipelago dell' India, e principalmente nel Nuovo Continente, là dove la sommità delle altre Cordigliere formano i bassi fondi dell' oceano aereo, e dove le forze sotterranee, che un tempo sollevarono catene di montagne, le scuotono ancora a' giorni nostri e minacciano d' inghiottirle.

Delineati in uno scopo ragionato, i quadri della natura non sono fatti unicamente per allettare l' imaginazione; possono altresì, raccostandoli gli uni agli altri, rendere evidenti quelle gradazioni d' impressioni che abbiamo testè indicate, dall' uniformità delle spiagge o delle steppe nude della Siberia fino alla inesausta fecondità della zona torrida. Se nella nostra fantasia collochiamo il Monte-Pilato sullo Schrekhorn (2) o la Schneekoppe di Slesia sul Monte Bianco, non saremo ancora giunti all' altezza d' uno dei grandi colossi delle Ande, il Cimborazo, che è alto il doppio dell' Etna; e se collochiamo il Righi o il monte Atos sul Cimborazo, ci fermeremo l' idea della più eccelsa sommità dell' Imalaia, del Davalagiri. Quantunque le montagne dell' India, per la loro sorprendente elevatezza, sorpassino di molto (e tante misure precise comprovarono tale risultato lunga pezza discusso) le Cordigliere dell' America meridionale, non possono, a motivo della loro geografica posizione, offrire l' inesausta varietà di fenomeni che caratterizza queste. Nelle grandi sembianze della natura non è l' altezza sola quella che determina l' impressione. La

catena dell' Imalaia è situata molto al di qua della zona torrida. Appena un palmizio (3) trovasi perduto nelle belle vallate del Kumaun e del Garhval. Ai gradi 28 e 34 di latitudine, sul pendio meridionale dell' antico Paropamiso, la natura non isfoggia più quella copia di felci in albero e di graminee arborescenti, d'eliconie e d'orchidi, che, nella regione de'tropici, montano fin verso gli altipiani più elevati. Sul dorso dell' Imalaia, all' ombra del pino deodvara e delle querce e larghe foglie proprie di quelle alpi dell' India, la roccia granitica ed il micaschito si coprono di forme pressochè simili a quelle che caratterizzano l' Europa e l' Asia boreale. Le specie non sono identiche, ma analoghe di configurazione e di fisionomia: ginepri, betule alpestri, genziane, parnassie palustri ed il ribes spinoso (4). Alla catena dell' Imalaia manca pure il fenomeno grandioso dei vulcani, i quali, nelle Ande e nell' arcipelago Indiano, rivelano sovente agli esterrefatti abitatori l' esistenza delle tremende forze che hanno sede nelle viscere del nostro pianeta. Laonde la regione delle nevi perpetue, al pendìo meridionale dell' Imalaia, là dove montano le correnti d' aria umida, e con esse dispiegasi la rigogliosa vegetazione dell' Indostan, comincia già per 3600 e 3900 metri d' altezza sopra il livello dell' Oceano, imponendo così allo svilupparsi dell' organizzazione un confine, che nella regione equatoriale delle Cordigliere si trova ad 830 metri più alto (5).

I paesi prossimi all' equatore fruiscono d' un altro vantaggio, sul quale non ebbesi fin qui a rivolgere quanto basta l' attenzione. La parte della superficie del nostro pianeta quella è dove, nel minore spazio, si ha la maggiore varietà possibile d' impressioni di cui è fonte la natura. Nelle montagne colossali di Cundinamarca, di Quito e del Perù, solcate da valloni profondi, è dato all' uomo di contemplare in una volta le famiglie tutte delle piante e tutti gli astri del firmamento. D' un solo sguardo l' occhio colà abbraccia maestosi palmizii, fore-

ste umide di bambuse, le famiglia delle musacee, e al di sopra di codeste rappresentanze del mondo tropicale, querce, nespoli, rose canine e piante ombrellifere, come nella nostra patria europea. D'un solo sguardo l'occhio abbraccia la costellazione della Croce del Mezzodì, le nubi di Magellano e le stelle guidatrici dell'Orsa che girano intorno all'artico polo. Colà il seno della terra e i due emisferi del cielo tutta sfoggiano la pompa delle loro forme e la varietà dei loro fenomeni; colà i climi, come le zone; vegetabili di cui essi determinano la successione, si trovano come per iscaglioni sovrapposti gli uni agli altri; colà le leggi del decretamento del calore, facili a desumersi da sagace osservatore, inscritte sono in caratteri indelebili sulle mura delle precipiti rocce delle Cordigliere.

A cansar la noia della minuta descrizione di fenomeni che tentai, lunga pezza fa di graficamente rappresentare (6), non ripeterò qui se non se in alcuni di que' risultamenti generali il cui complesso costituisce il *quadro fisico della Zona torrida*, Ciò che, nel vago ondeggiare nelle sensazioni, si confonde come spoglio di contorni, ciò che le rimane avvolto in quel vapore nebbioso che invola alla vista le alte cime del paese circostante, il pensiero, scrutando le cagioni dei fenomeni, lo disvela e lo risolve ne' suoi elementi diversi, sceverando dalla totale impressione di questi ed assegnando a cadaun di essi un carattere proprio ed individuale. Risulta da ciò che, nella sfera degli studii della natura, come in quella della poesia e della pittura di paese, la descrizione dei siti ed i quadri che parlano all'immaginazione hanno tanto più di verità e di vita quanto che i tratti vi sono più fermi e decisi.

Se le regioni della zona torrida, per la loro organica ricchezza e copiosa fecondità, sono fonti delle più profonde emozioni, offrono altresì l'inestimabile vantaggio di mostrare all'uomo, nell'uniformità delle variazioni dell'atmosfera e

dello svilupparsi delle forze vitali, nelle diversità dei climi e di vegetazione dipendenti dalla diversità delle altitudini, l' invariabilità delle leggi che governano i movimenti celesti come riflettentesi nei fenomeni terrestri. Mi sia permesso di soffermarmi alcuni istanti alle prove di tale regolarità, che si può fin anco assoggettare a scale ed a numeriche valutazioni.

Nelle ardenti pianure che s' innalzano poco al dissopra del livello dei mari, regna la famiglia dei banani, delle cicadee e delle palme, le cui specie inscritte nelle flore delle regioni tropicali crebbero maravigliosamente in numero ai dì nostri mercè lo zelo dei botanici viaggiatori. A questi gruppi succedono sul pendìo delle Cordigliere, in alte vallate od in fenditure umide ed ombrose, le felci in albero ed il cincona dalla febrifuga scorza. I grossi tronchi cilindrici delle felci protendono, sul cupo azzurro del cielo, la giovine verdura d' una frasca dilicatamente dentellata. Nel cincona, la scorza è tanto più salutare quanto che la cima dell' albero è più spesso irrorata e rinfrescata da leggiere nebbie che formano lo strato superiore delle nubi che posano sui piani. Da per tutto ove termina la regione delle foreste, fioriscono in larghe fascie piante che vivono per gruppi, come piccole aralie, le tibaude e le andromede a foglie di mirto. La rosa alpina delle Ande, il magnifico befaria, forma una cintura porporina intorno ai picchi elevati. A poco a poco, nella fredda regione dei *Paramos*, esposta al perpetuo imperversare delle tempeste e dei venti spariscono gli arbusti ramosi e le erbe vellose carche mai sempre di grandi corolle variopinte. Le piante monocotiledoni a magre spiche coprono uniformemente il suolo: la zona è quella delle graminee, una savana che si estende per immensi altipiani. Essa riverbera al pendìo delle Cordigliere una luce giallastra, pressochè dorata in lontananza, e serve di pastura ai lama ed al bestiame introdotto dai coloni europei. Là dove la roccia nuda di trachite spunta di

mezzo alle zolle e s'innalza fra strati d'aria che si credono men pregni d'acido carbonico, le piante sole d'un organizzazione inferiore, i licheni, le lecidee ed il polviscolo colorato del lepraria si sviluppano per via di macchie orbicolari. Isolette di neve sporadica di recente caduta, variabili di forma e di estensione, arrestano gli ultimi e fiacchi svolgimenti della vita vegetale. A queste isolette sporadiche succedono le nevi eterne, le quali sono d'un'altezza costante e facile a determinare, a motivo della tenuissima oscillazione che prova il loro limite inferiore. Le forze elastiche residenti nelle viscere del nostro globo si travagliano, e il più delle volte invano, a rompere quelle campane o cupole rotonde, le quali con la smagliante bianchezza delle nevi eterne, sorgono sul dorso delle Cordigliere. Là dove le forze sotterranee riuscirono, sia per mezzo di crateri circolari, sia per mezzo di lunghe fenditure, ad aprire comunicazioni permanenti coll'atmosfera, producono di rado correnti di lava, più sovente scorie accese, vapori di acqua e di zolfo idratato, moffette, o sia esalazioni pestilenziali d'acido carbonico.

Uno spettacolo sì grandioso e sì mirabile non valse a destare negli abitatori dei tropici, all'aurora della loro civiltà, altro che un sentimento vago di stupore e di spavento. Avrebbesi dovuto supporre forse, come più sopra accennammo, che il ritorno periodico degli stessi fenomeni ed il modo uniforme del loro aggrupparsi per zone sovrapposte, agevolassero all'uomo la cognizione delle leggi della natura; ma per quanto lontano risalgano la tradizione e la storia, non troviamo che tali vantaggi sieno stati messi a profitto in quei climi felici. Recenti investigazioni hanno reso più che dubbioso che la primitiva sede della civiltà degl'Indù una delle fasi più maravigliose dei progressi dell'umanità, stata sia fra i tropici stessi. Airyana Vaedjo, l'antica culla dello Zend, giaceva a settentrion-ponente dell'Alto Indo, e dopo il grande

scisma religioso, vale a dire dopo la separazione degli Iraniani del bramanico istituto, la lingua comune un giorno agl' Iraniani ed agl' Indù assunse, appo questi ultimi (in pari tempo che la letteratura, i costumi e lo stato della società), una forma individuale del Magadha o Madhya Deca (7), regione in confine con la grande Cordigliera e la piccola catena Vindhya. In tempi assai posteriori, la lingua e la civiltà sanscrite si sono anzi inoltrate verso il mezzodì-levante e penetrarono molto più avanti nella zona torrida, secondo che mio fratello Guglielmo di Humboldt (8) espose nella sua grande opera sulla lingua Kavi e le lingue che hanno affinità di struttura con essa.

Non ostante gl' impedimenti tutti che, sotto latitudini boreali, l' eccessiva complicazione dei fenomeni e le perpetue variazioni locali nei movimenti dell' atmosfera e nella distribuzione delle organiche forme, opponevano aila scoperta delle leggi della natura, è avvenuto che i primi ad avere una cognizione intima e razionale delle forze che agiscono nel mondo fisico furono precisamente alcuni popoli della zona temperata. Da questa zona boreale poi, più favorevole forse ai progressi della ragione, all' addolcinamento dei costumi ed alle pubbliche franchigie, i germi della civiltà importanti furono nella zona tropicale, tanto per mezzo di que' grandi movimenti delle razze che diconsi migrazioni dei popoli, quanto mercè lo stabilimento di colonie, assai differenti però per le loro istituzioni, ne' tempi fenicii od ellenici e nei nostri moderni.

Ricordando l' influenza che la successione dei fenomeni ha potuto esercitare sulla facilità più o meno grande di riconoscerne la causa produttrice, accennai a quel punto importante in cui, nel contatto col mondo esterno, a canto al fascino ch' emana dalla semplice contemplazione della natura, sorge il diletto che nasce dalla conoscenza delle leggi e della

mutua concatenazione de' fenomeni stessi. Ciò che lunga pezza non fu che l'oggetto d'una vaga ispirazione e poco a poco pervenuto all'evidenza d'una verità positiva. L'uomo ha voluto a tutta forza trovare, come disse un immortale poeta allemanno, « il polo immutabile nell'eterno ondeggiamento delle cose create (9). »

Per risalire alla sorgente di questo diletto che ha per base l'esercizio pel pensiero, basta dare una rapida occhiata alle primigenie nozioni della filosofia della natura o dell'antica dottrina del Cosmos. Noi troviamo presso i popoli più selvaggi (e le mie proprie peregrinazioni confermarono questa asserzione) un sentimento segreto e misto di terrore della potente unità delle forze della natura, d'un'essenza invisibile, spirituale, che si manifesta in tali forze, sia ch'esse sviluppino il fiore ed il frutto sull'albero nutricatore, sia che scuotano il suolo della foresta o che tuonino nelle nubi. Rivelasi in tal guisa un legame tra il mondo visibile ed un mondo superiore che sfugge ai sensi. L'uno e l'altro si confondono involontariamente, e, privo dell'appoggio dell'osservazione, semplice prodotto d'un concepimento ideale, il germe d'una *filosofia della natura* non resta però dallo svilupparsi nel seno dell'uomo.

Presso i popoli meno avanzati nella civiltà, l'imaginazione ama d'abbandonarsi a creazioni fantastiche e bizzarre. La predilezione pel simbolo influisce ad un tempo sulle idee e sulle lingue. In cambio d'esaminare, s'indovina, si dommatizza, s'interpreta ciò che non si è mai osservato. Il mondo delle idee e dei sentimenti non è lo specchio del mondo esteriore nella sua purità primitiva. Ciò che in alcune regioni della terra non si è manifestato, come rudimento della filosofia naturale, se non ad uno scarso numero d'individui dotati di un'alta intelligenza, si presenta in altre regioni, ed intere famiglie di popoli, come il risultamento di mistiche tendenze e

d' instintive intuizioni. Gli stessi primi impulsi verso il culto, verso una santificazione delle forze distruttive e conservatrici dell' universo hanno lor base nell' intimo commercio con la natura, nella vivezza e profondità delle emozioni ch' essa produce. Ma di mano in mano che l' uomo, percorrendo i differenti gradi del suo intellettuale sviluppo, perviene a fruire in piena libertà del potere regolatore della riflessione, a sceverare, per un atto di affrancamento progressivo, il mondo delle idee da quello delle sensazioni, un vago presentimento dell' unità delle forze della natura non gli basta più. L' esercizio del pensiero comincia a compiere l' alto suo destino; l' osservazione, fecondata dal raziocinio, indaga con ardore le cagioni de' fenomeni.

La storia delle scienze ci assenna come non sia stato facile a soddisfare ai bisogni d' una sì attiva curiosità. Osservazioni poco esatte ed imperfette condussero, per via di false induzioni, a quel grande numero di fisiche nozioni che si sono perpetuate tra i pregiudizii popolari in tutte le classi della società. Così a canto ad una solida e scientifica cognizione dei fenomeni, si è conservato un sistema di pretesi risultamenti d'osservazioni tanto più difficili a smuovere quanto che esso non cura nessuno dei fatti che lo mandano a terra. Questo empirismo, triste retaggio dei secoli anteriori, mantiene invariabile i suoi assiomi. È arrogante come tutto ciò ch' è circoscritto, mentre la filosofia, fondata sulla scienza, dubita perchè cerca di conoscere a fondo, separa ciò ch' è certo da ciò ch' è semplicemente probabile, e perfeziona di continuo le teorie ampliando il cerchio delle osservazioni.

Cotesto ammasso di dommi incompleti che un secolo lascia all' altro in retaggio, cotesta fisica che si compone di pregiudizii popolari, non è dannosa soltanto perchè perpetua l' errore con l' ostinatezza, inseparabile compagna della testimonianza di fatti male osservati; impedisce altresì alla mente

d'elevarsi alle grandi vedute della natura. In cambio di cercare lo stato *medio* intorno al quale oscillano nell' apparente indipendenza delle forze tutti i fenomeni del mondo esterno, essa gode di moltiplicare le eccezioni della legge; cerca nei fenomeni e nelle forme organiche altre maraviglie diverse da quelle d'una successione regolare, d'uno svolgimento interno e progressivo. Di continuo inclina a credere interrotto l' ordine della natura, a disconoscere nel presente l'analogia col passato, a rintracciare, a capriccio de' suoi sogni, la causa di pretese perturbazioni, ora nelle viscere del nostro globo, ora negli spazii celesti.

Lo scopo particolare di quest' opera è di combattere errori che traggono l' origine loro da un empirismo vizioso e da imperfette induzioni. I più nobili diletti dipendono dall' aggiustatezza e profondità delle vedute, dall' estensione dell' orizzonte che si può abbracciare in una volta. Con la coltura dell' intelligenza si è accresciuto, in tutti gli ordini della società, il bisogno d' abbellire la vita accrescendo la somma delle idee ed i mezzi di ridurle a generalità. Il sentimento di questo bisogno fa fede, confutando pur anco vaghe accuse apposte al secolo in cui viviamo, non essere i soli materiali interessi della vita che tengano occupate le menti.

Mi fo quasi a malincuore a toccare d' un timore, che sembra nascere da un corto vedere o da una sentimentalità molle e fiacca dell' animo, voglio dire il timore che la natura non perda della sua attrattiva e del prestigio del suo magico potere di mano in mano che incominciamo a penetrare ne' suoi segreti, a comprendere il meccanismo de' movimenti celesti, a valutare per via di numeri l' intensità delle forze. Vero è che le forze non esercitano, propriamente parlando, una magica possa su noi se non in quanto la loro azione, avvolta di misteri e di tenebre, si trova posta fuori di tutte le condizioni su cui l' esperienza ha potuto por mano. L' effetto d' una tal possa

è per conseguenza di scuotere l' imaginazione; ma certamente noi non vorremmo evocare di preferenza questa facoltà dell' anima come a guida delle laboriose, delle minute osservazioni, il cui scopo è di conoscere le più grandi e le più ammirabili leggi dell' universo. L' astronomo che, mediante un eliometro od un prisma a doppia rifrazione (10), determina il diametro dei corpi planetarii, che misura paziente, per interi anni, l' altezza meridiana o le relazioni di distanza delle stelle, che cerca una cometa telescopica in mezzo ad un gruppo di piccole nebulose, non si sente (e questa è anzi la guarentigia della precisione del suo lavoro) scossa l' imaginazione più del botanico che numera le divisioni del calice, la quantità degli stami, i denti ora liberi, ora uniti dell' anello che cinge la capsula d' un musco. Nondimeno da un lato le misure moltiplicate dell' angolo, dall' altro le relazioni delle minute parti dell' organizzazione, preparano la via ad importanti vedute intorno la fisica generale.

È mestieri far distinzione tra la disposizione dell' animo, lo stato dello spirito nell'osservatore, mentre osserva, e l'ingrandimento ulteriore delle idee che è il frutto dell' investigazione e dell' elaborazione del pensiero. I fisici misurano con un' ammirabile sagacia le onde luminose inegualmente lunghe, che si rinforzano o si distruggono *per interferenza*, anche nelle loro chimiche azioni. L' astronomo, munito di possenti telescopii, penetra negli spazii celesti, contempla, agli estremi confini del nostro sistema solare, le lune d' Urano, e scompone de' tenui punti scintillanti in stelle doppie inegualmente colorite. I botanici trovano la costanza del moto giratorio del cara nella più parte delle cellette vegetali, e riconoscono l' intima concatenazione delle forme organiche per generi e per famiglie naturali. Ora la vôlta celeste tempestata di nebulose e di stelle, ed il ricco tappeto di vegetabili che copre il suono nel clima dei palmizii, non possono non lascia-

re a cotesti laboriosi osservatori un' impressione più forte e più degna della maestà del creato che a coloro il cui animo non è abituato ad afferrare le grandi relazioni che legano i fenomeni tra essi. Non posso quindi andare d' accordo con Burke, allorchè, in una delle spiritose sue opere, afferma « l' ignoranza nostra delle cose della natura essere la causa principale dell' ammirazione ch' elle c' ispirano; da lei generarsi il sentimento del sublime. »

Intanto che l' illusione dei sensi configge gli astri alla vôlta dei cieli, l' astronomia, con le sue ardite lucubrazioni, ingrandisce indefinitivamente lo spazio. Se essa circoscrive la grande nebulosa alla quale appartiene il sistema solare, non è altro che per mostrarci al di là, verso regioni che fuggono di mano in mano che le ottiche posse aumentano, altre isolette di nebulose sporadiche. Il sentimento del sublime, in quanto che nasce dalla contemplazione della distanza degli astri, della loro grandezza, della fisica estensione, si riverbera nel sentimento dell' infinito che pertiene ad un' altra sfera d' idee, al mondo intellettuale. Ciò che il primo offre di solenne e di grandioso, è dovuto al legame testè accennato, a quell' analogia di diletti e d' emozioni che si eccitano in noi, sia in mezzo ai mari, sia nell' oceano aereo, allorchè vaporosi e semi-trasparenti strati ci avviluppano sulla sommità d' un picco isolato, sia finalmente dinanzi ad uno di que' poderosi stromenti che dissolvono in astri qualche gruppo di nebulose lontane.

La semplice accumulazione d' osservazioni peculiari senza legame fra esse, senza generalità d' idee, potè certamente indurre ad un pregiudizio profondamente inveterato, alla persuasione che lo studio delle scienze esatte debba necessariamente raffreddare il sentimento e sminuire i nobili piaceri della contemplazione della natura. Coloro che, nel tempo in cui viviamo, in mezzo ai progressi di tutte le parti dello scibile e della pubblica ragione, nutrono ancora un tal errore,

disconoscono il pregio d'ogni ampliazione della sfera intellettuale, il pregio di quell'arte di velare, per così dire, il tritume dei fatti isolati, per innalzarsi a generali risultamenti. Sovente, al dispiacere di sacrificare, sotto l'influenza del ragionamento scientifico, il libero godimento della natura, s'aggiunge un altro timore, quello che non sia dato a tutte le menti di comprendere le verità della fisica del mondo. Non è dubbio che in mezzo a quella fluttuazione universale di forze e di vita, in quella rete inestricabile d'organismi che si sviluppano e si distruggono a vicenda, ogni passo che si fa nella conoscenza più intima della natura mette all'ingresso di nuovi labirinti; ma è l'eccitazione d'un sentimento divinatorio, è la vaga intuizione di tanti misteri da svelare, la moltiplicità delle vie da percorrere, è tutto questo che, in tutti i gradi del sapere, stimola in noi l'esercizio del pensiero. La scoperta d'ogni legge della natura conduce ad un'altra legge più generale, ne fa almeno presentire l'esistenza all'intelligente osservatore. La natura, come l'ha definita un celebre fisiologista (11), e come il vocabolo stesso suona presso i Greci ed i Romani, è « ciò che cresce e si sviluppa perpetuamente, ciò che non ha vita che per un mutare continuo di forma e di movimento interno. »

La serie dei tipi organici si estende o si rende compiuta per noi di mano in mano che, per mezzo di viaggi di terra o di mare, si penetra in regioni ignote, si raffrontano gli organismi viventi con quelli che sono scomparsi ne' grandi rivolgimenti del nostro pianeta, di mano in mano che i microscopii si sono perfezionati e che l'uso se n'è sparso fra coloro che sanno valersene con discernimento. Nel seno di questa immensa varietà di prodotti animali e vegetali, nel gioco delle loro periodiche trasformazioni, si rinovella di continuo il mistero primordiale d'ogni organico svolgimento, quel problema della *metamorfosi* che Göethe ha trattato con una rara saga-

cia, e che nasce dal bisogno che proviamo di ridurre le forme vitali ad un piccolo numero di tipi fondamentali. In mezzo alle dovizie della natura ed a questo crescente accumularsi delle osservazioni, l'uomo giunge ad intimamente convincersi che alla superficie e nelle viscere della terra, nelle profondità del mare ed in quelle del cielo, anche dopo migliaia d'anni, « lo spazio non verrà meno agli scientifici conquistatori. » Il rammarico d'Alessandro (12) non potrebbe rivolgersi ai progressi dell'osservazione e dell'intelligenza.

L'ufficio di considerare in via generica le cose, siano desse la materia agglomerata in corpi celesti, o gli organismi terrestri nella loro geografica distribuzione, non è solamente per sè stesso più allettevole di quello che sia l'intendere a studii speciali; esso torna altresì molto vantaggioso a coloro che non hanno larghezza di tempo da dedicare a così fatte occupazioni. I differenti rami della storia naturale non sono accessibili che in certi stati della vita sociale; nè ogni stagione nè ogni clima li condisce di diletto. Nelle inospiti zone del settentrione siamo privi per lunga pezza dello spettacolo che offrono agli sguardi nostri le forze produttive della natura organica; e se la curiosità nostra è rivolta ad una sola classe d'oggetti, i più animati racconti de' viaggiatori che visitarono lontani paesi, non avranno per noi alcuna attrattiva, a meno che tali racconti non accennino agli oggetti medesimi della nostra predilezione.

Nella stessa guisa che la storia dei popoli, se potesse risalir sempre con buon riuscimento alle vere cause degli avvenimenti, giungerebbe a risolvere l'eterno enigma dell'alterno progredire o dare a dietro della società umana; nella stessa guisa altresì la fisica descrizione del mondo, la scienza del Cosmos, se concepita fosse da un vigoroso intelletto e fondata sulla cognizione di tutto quanto si è scoperto fino ad un dato tempo, sparir farebbe una parte delle contraddizioni, che la

complicazione dei fenomeni, effetto d' una moltitudine di simultanee perturbazioni, sembra presentare a prima giunta. La cognizione delle leggi regolatrici, sia che si rivelino nei movimenti dell' Oceano nel cammino calcolato delle comete, o nelle mutue attrazioni delle stelle molteplici, non fa che accrescere il sentimento della calma della natura. Direbbesi che « la discordia degli elementi », cotesto lungo spauracchio dello spirito umano nelle sue prime intuizioni, si va sedando di mano in mano che le scienze dilatano il loro impero. L' osservare per via di generalità ci avvezza a considerare ciascun organismo siccome una parte dell' intero creato, a riconoscere nella pianta e nell' animale, non la specie isolata, ma una forma collegata, nella catena degli esseri, ad altre forme viventi od estinte. Esso ci aiuta a cogliere le relazioni che corrono tra le scoperte più recenti e quelle che ne furono il preparamento. Confinati sopra un punto dello spazio, siamo tanto più avidi di raccorre ciò che fu sotto differenti climi osservato. Nè piace di seguire ardimentosi navigatori in mezzo ai ghiacci polari, fino al picco di quel vulcano del polo antartico le cui fiamme sono visibili durante il giorno a grandi distanze; arriviamo anzi a comprendere alcune delle maraviglie del magnetismo terrestre, e l'importanza delle numerose stazioni disseminate oggidì nei due emisferi per ispiare la simultaneità delle perturbazioni, la frequenza e la durata delle *magnetiche tempeste*.

Mi si conceda di fare qualche passo di più nel campo delle scoperte la cui importanza non può essere valutata se non da coloro che si dedicarono a studii di fisica generale. Esempi scelti tra i fenomeni che fermarono principalmente l' attenzione in questi ultimi tempi spargeranno una nuova luce sulle considerazioni precedenti. Senza una previa cognizione dell' orbita delle comete, non si comprenderebbe il valore della scoperta d' una di esse, di cui l' orbita elittica è inchiusa negli

angusti limiti del nostro sistema planetario, e che rivelò l'esistenza d'un fluido etereo tendente a scemare la forza centrifuga e la durata delle rivoluzioni. In un tempo in cui, avidi d'un mezzo sapere, molti amano d'annestare alle conversazioni della giornata vaghe idee scientifiche, i timori d'un urto pericoloso col tale o tale corpo celeste, o d'un preteso sconcerto dei climi, si rinnovellano sott'altre sembianze. Cotesti sogni dell'imaginazione riescono tanto più dannosi quanto che traggono l'origine loro da dogmatiche pretensioni. La storia dell'atmosfera e delle annuali variazioni a cui va soggetta la sua temperatura risale già abbastanza alta per manifestare il ritorno di tenui oscillazioni intorno al calore medio d'un luogo, per premunirci quindi contro la tema esagerata del deterioramento generale e progressivo dei climi dell'Europa. La cometa d'Encke, una delle *tre comete interne*, compie la sua corsa in milledugento giorni, e non è, per la forma e posizione dell'orbita sua, più pericolosa per la terra che nol sia la grande cometa di Halley, di settantasei anni, meno bella nel 1835 che nel 1759, o la cometa interna di Biela, la quale taglia, è vero, l'orbita della terra, ma non può accostarsi molto a noi, se non quando la sua prossimità al sole coincide col solstizio d'inverno.

La quantità di calore che un pianeta riceve, e di cui l'ineguale distribuzione determina le variazioni meteorologiche dell'atmosfera, dipende ad un tempo dalla forza fotogenica del sole, vale a dire dallo stato de' suoi involucri gazosi, e dalla posizione relativa del pianeta e del corpo centrale. Hannovi cangiamenti ai quali vanno soggette, secondo le leggi della gravitazione universale, la forma dell'orbita terrestre o l'inclinazione dell'eclittica (l'angolo che fa l'asse della terra col piano della sua orbita); ma questi cangiamenti periodici sono sì lenti e contenuti in limiti sì stretti che gli effetti termici non potrebbero esser valutati dai nostri stromenti d'og-

gidi se non dopo migliaia d'anni. Le cause astronomiche d'un raffreddamento del nostro globo, della diminuzione dell'umidità alla sua superficie, dell'indole e frequenza di certe epidemie (fenomeni soventi discussi a' nostri giorni secondo tenebrose idee del medio evo) deggiono considerarsi come incapaci d'esser rilevate coll'aiuto della fisica e della chimica, stando ai metodi attuali.

L'astronomia fisica ci presenta altri fenomeni i quali non si potrebbero afferrare in tutta la loro grandezza senza un previo studio generale delle forze che animano l'universo. Tali sono l'immenso numero di stelle o più tosto di doppii soli, che girano intorno ad un centro di gravità comune e rivelano l'esistenza dell'attrazione newtoniana nei mondi più lontani; l'abbondanza o la rarezza delle macchie del sole, vale a dire di quelle aperture che si formano nelle atmosfere luminosa ed opaca da cui il nucleo solido è avviluppato; le pioggie regolari delle stelle cadenti del 13 novembre e della festa di S. Lorenzo, anello di asteroidi che tagliano probabilmente l'orbita della terra e si muovono con una celerità planetaria.

Se dalle regioni celesti discendiamo verso la terra, noi desideriamo di comprendere le relazioni che passano tra le oscillazioni del pendulo in uno spazio ripieno d'aria (oscillazioni la cui teoria venne perfezionata da Bessel) e la densità del nostro pianeta; domandiamo come il pendulo, facendo l'officio d'uno scandaglio, ci chiarisca fino ad un certo punto sulla costituzione geologica degli strati a grandi profondità. Si scorge un'analogia sorprendente tra la formazione delle rocce granulose che compongono correnti di lava al pendio dei vulcani attivi, a quelle masse endogene di granito, di porfido e di serpentino, le quali, uscite dal seno della terra, spezzano, come rocce d'eruzione, i banchi secondarii, e li modificano per contatto, sia rendendoli più duri mediante la

silice che s' introduce, sia riducendoli allo stato di dolomite, sia finalmente facendovi nascere cristalli di svariatissima composizione. Il sollevamento d'isolette sporadiche, di cupole di trachite e di coni di basalto per opera delle forze elastiche che emanano dall'interno fluido del globo, condusse il primo geologo del nostro secolo, Leopoldo di Buch, alla teoria del sollevamento dei continenti e delle catene di montagne in generale. Una tale azione delle forze sotterranee, la rottura e l'alzamento dei banchi di rocce di sedimento, di cui il littorale del Chilì, in seguito ad un grande terremoto, offerse un esempio recente, fanno scorgere la possibilità che le conchiglie pelagiche trovate da Bonpland e da me, sul dorso delle Ande, a più di 4600 metri d'altezza, abbiano potuto pervenire a tale posizione straordinaria, non per l'intumescenza dell'Oceano, ma per effetto di vulcanici agenti capaci d'increspare la rammollita crosta della terra.

Vulcanismo io chiamo, nel significato più generale del vocabolo, ogni azione che l'interno d'un pianeta esercita sulla sua crosta esteriore. La superficie del nostro globo e quella della luna manifestano le tracce di cotesta azione, la quale, nel nostro pianeta almeno, ha variato nella serie dei secoli. Coloro che ignorano che il calore interno della terra aumenta rapidamente con la profondità, e che ad otto o nove leghe di distanza (15) il granito è in fusione, non possono formarsi un'idea precisa delle cause e della simultaneità di vulcaniche eruzioni lontanissime le une dalle altre, dell'estensione e dell'incrocicchiamento dei *circoli di commozioni* che presentano i terremoti, della costanza di temperatura e dell'uguaglianza di chimica composizione osservate nelle acque termali durante una lunga serie di anni. Tal è però l'importanza della quantità di calore proprio d'un pianeta, effetto della sua condensazione primitiva, variabile secondo la natura e la durata dell'irradiamento, che lo studio di sì fatta quan-

lità manda ad una volta qualche barlume sulla storia dell'atmosfera e la distribuzione dei corpi organizzati sepolti nella crosta solida della terra. Questo studio ci fa comprendere come una temperatura tropicale, indipendente dalla latitudine (dalla distanza dei poli), abbia potuto essere l'effetto di profonde fenditure rimaste lungamente aperte all'aggrinzarsi ed allo screpolare della crosta appena consolidata ed esalante il calore dell'interno. Esso ci addita un antico stato di cose, nel quale la temperatura dell'atmosfera ed i climi in genere erano dovuti assai più allo sprigionarsi del calorico e di differenti emanazioni gazose, vale a dire al gagliardo reagire dell'interno sull'esterno, di quello che alla relazione del collocamento della terra rimpetto al corpo centrale, il sole.

Le regioni fredde ascendono, deposti in istrati di sedimento, i prodotti dei tropici: nel *terreno carbonifero*, tronchi di palme rimasti in piedi e misti a piante conifere, felci arborescenti, goniatiti e paesi a scaglie romboidali ossee (14); nel *calcare del Jura*, enormi scheletri di coccodrilli e di plesiosauri, planuliti e tronchi di cicadee; nella *creta*, piccoli politalami e briozoarii di cui le stesse specie vivono ancora nel seno dei mari attuali; nel *tripoli* o schisto da polire, la semi-opale e l'opale farinosa, potenti agglomerazioni d'infusorii siliciosi che Ehrenherg ci ha per mezzo del suo vivificante microscopio rivelate; finalmente, nei *terreni di trasporto* ed in certe caverne, ossami d'elefanti, d'iene e di lioni. Addimesticati come siamo con le grandi vedute del globo, cotesti prodotti dei climi caldi, trovandosi allo stato fossile nelle regioni settentrionali, non eccitano più fra noi una sterile curiosità; diventano i più degni oggetti di meditazione e di combinazioni novelle.

La moltitudine e varietà dei problemi testè accennati fanno scorgere il quesito di sapere se considerazioni generali possano avere un grado sufficiente di chiarezza là dove man-

ca lo studio particolareggiato e speciale della storia naturale descrittiva, della geologia e dell'astronomia matematica. Io son di parere che abbiasi prima a distinguere tra colui che deve raccogliere le osservazioni sparse e studiarle a fondo per esporne la concatenazione, e quello a cui tale concatenazione dev'essere trasmessa sotto la forma di risultamenti generali. Il primo s'impone l'obbligo di conoscere la specialità dei fenomeni; è d'uopo che avanti di giungere a generaleggiare le idee, percorso abbia, almeno in parte, il dominio della scienza, che abbia osservato, sperimentato, misurato egli stesso. Non saprei negare che là dove mancano le cognizioni positive, i risultamenti generali che, nelle loro non interrotte relazioni, danno tanta attrattiva alla contemplazione della natura non possono essere tutti svolti con lo stesso grado di luce; ma amo di credere però che, nell'opera, ch'io preparo sulla fisica del mondo, la più considerevole delle verità sarà posta in evidenza senza che sia necessario di risalir sempre ai principii ed alle nozioni fondamentali. Questo quadro della natura, ancorchè dovesse in qualche parte presentare contorni non ben determinati, non sarà perciò men proprio a fecondare l'intelletto, ad ampliare la sfera delle idee, a nutrire ed a vivificar l'imaginazione.

Non a torto forse rimproverato venne a parecchie opere scientiche dell'Allemagna d'avere scemato, coll'accumulare le particolarità, l'impressione ed il valore delle vedute generali; di non isceverare sufficientemente que'grandi risultamenti che formano, a dir così, le sommità delle scienze, dalla lunga numerazione dei mezzi che servirono ad ottenerli. Cotesto rimprovero ha fatto dire con istizza al più illustre dei nostri poeti (15): « Gli Allemanni hanno la prerogativa di rendere inaccessibili le scienze. » L'edifizio, compiuto che sia, non può produrre effetto se non lo disgombra dall'impalcatura che fu necessaria per costruirlo. Così l'uniformità di figura

che si osserva nella distruzione delle masse continentali, che tutte finiscono verso il mezzodì in forma di piramide, e si allargano verso il settentrione (legge che determina la natura dei climi, la direzione delle correnti nell'Oceano e nell'atmosfera, il passaggio di certi tipi di vegetazione tropicale alla zona temperata australe), può essere afferrata con chiarezza, senza che si conoscano le operazioni geodesiche ed astronomiche, mercè le quali sì fatte forme piramidali dei continenti vennero determinate. Del pari la geografia fisica c'istruisce di quante leghe l'asse equatoriale sia più grande dell'asse polare del globo; c'insegna l'uguaglianza media dello schiacciamento dei due emisferi, senza che sia necessario d'esporre come, con la misura dei gradi del meridiano o la mercè di osservazioni del pendulo, abbiasi potuto riconoscere che la vera figura della terra non è esattamente quella d'un ellissoide di rivoluzione regolare, e che questa figura si riverbera nelle ineguaglianze dei moti lunari. Le grandi vedute della geografia comparata non hanno cominciato a prendere solidità e splendore ad un tempo se non all'apparire di quell'ammirabile opera (*Studii della terra nelle sue relazioni con la natura e con la storia dell'uomo*) in cui Carlo Ritter ha sì fortemente caratterizzato la fisionomia del nostro globo e mostrato l'influenza della sua configurazione esterna, tanto sui fenomeni fisici che si operano alla sua superficie, quanto sulle migrazioni dei popoli, le loro leggi, i loro costumi e tutti i principali fenomeni storici di cui essa è il teatro.

La Francia è ricca d'un'opera immortale, l'*Esposizione del sistema del mondo,* nella quale l'autore ha raccolto i risultamenti dei lavori matematici ed astronomici più sublimi sgombrandoli dall'apparato delle dimostrazioni. La struttura dei cieli è ridotta, in quel libro, alla semplice soluzione d'un grande problema di meccanica. Nulladimeno l'*Esposizione del*

sistema del mondo di Laplace non fu mai tacciata fin qui d' essere incompiuta e manchevole di profondità. Sceverare i materiali dissimili, i lavori che non tendono alto stesso scopo, separare gl' intendimenti generali dalle osservazioni isolate, ecco il solo mezzo di dare unità di composizione alla fisica del mondo, di spargere chiarezza sugli oggetti, d' imprimere un carattere di grandezza allo studio della natura. Sopprimendo tutto ciò che distrae con le particolarità, non si ravvisano che le grandi masse, e si afferra razionalmente, col pensiero, ciò che resta incomprensibile alla limitatezza de'nostri sensi.

È d' uopo aggiungere a queste considerazioni che l'esposizione dei risultamenti è singolarmente favoreggiata ai di nostri dalla felice rivoluzione che sin dalla fine del secolo scorso si operò negli studii speciali, quelli soprattutto della geologia, della chimica e della storia naturale descrittiva. Di mano in mano che le leggi vengono tratte a generalità, che le scienze si fecondano vicendevolmente, che estendendosi si uniscono fra esse con legami più numerosi e più intimi, lo svolgimento delle verità generali può essere conciso senza diventare superficiale. All' esordire dell' umano incivilmento, tutti i fenomeni sembravano isolati; la moltiplicità delle osservazioni e la riflessione li raccostano e fanno conoscere la reciproca loro dipendenza. Se accade però che, in un secolo caratterizzato come il nostro dai più luminosi progressi, una mancanza di legame tra i fenomeni si manifesti per certe scienze, dobbiamo attenderci scoperte tanto più importanti quanto che le medesime scienze vennero coltivate con una sagacia d' osservazioni ed una predilezione affatto particolari. È un' aspettativa questa a cui sono di sprone la meteorologia, varie parti dell' ottica, e, dopo i bei lavori di Melloni e di Faraday, lo studio del calorico irradiante e dell' elettro-magnetismo. Una pingue messe rimane ivi a raccorsi, benchè la pila di Volta ci mostri già tra i fenomeni elettrici,

magnetici e chimici un intimo legame. Chi oserebbe affermare oggidì che noi conosciamo con precisione la parte dell' atmosfera che non è ossigeno, che millesimi di sostanze gazose le quali agiscono sui nostri organi non sono commiste all' ozoto, che abbiasi anzi scoperto il numero intero delle forze che esistono nell' universo ?

Non si tratta in questo saggio sulla fisica del mondo, di ridusre il complesso dei fenomeni sensibili a pochi principii astratti, aventi la loro base nella sola ragione. La fisica del mondo, nel modo ch' io tolgo ad esporla, non ha la pretensione d'innalzarsi alle pericolose astrazioni d'una scienza meramente razionale della natura; è una *geografia fisica* congiunta alla *descrizione degli spazii celesti* e dei corpi che riempiono tali spazii. Estraneo alla profondità della filosofia puramente speculativa, il mio saggio sul Cosmos è la contemplazione dell'universo, fondata sopra un empirismo ragionato, vale a dire sulla somma dei fatti registrati dalla scienza e sottoposti alle operazioni dell' intelletto che paragona e combina. Così circoscritta com' è, l' opera che osai intraprendere entra nella classe dei lavori ai quali fu destinato il lungo aringo della scientifica mia vita. Non mi avventuro in una sfera nella quale non saprei movermi con libertà, quantunque altri possano alla lor volta cimentarvisi con buona riuscita. L' unità che cerco di conseguire nello svolgimento dei grandi fenomeni dell' universo è quella che offrono le storiche composizioni. Tutto ciò che pertiene ad individualità accidentali, all' essenza variabile della realtà, sia nella forma degli esseri e nell' aggruppamento dei corpi, e nella lotta dell' uomo contro gli elementi e dei popoli contro i popoli, non può essere *razionalmente costruito*, dedotto dalle idee sole.

Oso credere che la descrizione dell' universo e la storia civile si trovino poste allo stesso grado d' empirismo; assoggettando i fenomeni fisici e gli avvenimenti all' elaborazione

del pensiero, e risalendo per via del ragionamento alle cagioni, si arriva ognora più a capacitarsi di quell' antica credenza, che le forme inerenti alla materia e quelle che reggono il mondo morale, esercitano la loro azione sotto l' impero d' una necessità primordiale ed a seconda di movimenti che si rinovellano per ritorni periodici più o meno lunghi. Questa necessità delle cose, questa concatenazione occulta, ma permanente, questo ritorno periodico nello svoglimento progressivo delle forme, dei fenomeni e degli eventi, tutto ciò è quello che costituisce la *natura* obbediente ad una prima data impulsione. La fisica, come suona lo stesso suo nome, si limita a spiegare i fenomeni del mondo materiale con le proprietà della materia. L' ultimo scopo delle scienze sperimentali è dunque di risalire all' esistenza delle leggi e di trarle progressivamente a generalità. Tutto ciò che trascende non è del dominio della fisica del mondo, ed appartiene ad un altro genere di speculazioni più elevate. Emmanuele Kant, dello scarsissimo numero dei filosofi che non vennero fin ora accusati d' empietà, ha segnato i limiti delle fisiche esplicazioni con una rara sagacia nel suo celebre *Saggio sulla teoria e costruzione dei cieli*, pubblicato a Conisberga nel 1755.

Lo studio d' una scienza che promette di condurci a traverso i vasti spazii del creato rassembra ad un viaggio in un paese lontano. Prima d' intraprenderlo, si misurano, e sovente con diffidenza, le proprie forze come quelle della scelta guida. Il timore, che deriva dalla copia e difficoltà delle materie, va scemando, ove si rammenti, come annunziammo più sopra, che con la ricchezza delle osservazioni crebbe pure ai dì nostri la cognizione sempre più intima della connessità dei fenomeni. Ciò che, nel cerchio più stretto del nostro orizzonte, parve lunga pezza inesplicabile, chiarito venne spesso ed inopinatamente da ricerche fatte a grandi distanze. Nel regno animale, come nel regno dei vegetabili, organiche for-

ze rimaste isolate vennero legate insieme da anelli intermedii, da forme o tipi di transizione. La geografia degli esseri dotati di vita riceve compimento col mostrarci specie, generi, famiglie intere proprie d'un continente, come riflesse in forme analoghe d'animali e di piante del continente opposto. Sono questi, per così dire, *equivalenti* che si suppliscono e si surrogano nella grande serie degli organismi. La transizione e la concatenazione hanno per base a vicenda una diminuzione od uno svolgimento eccessivo di certe parti, saldature d'organi distinti, la preponderanza che risulta da un difetto d'equilibrio nel bilanciamento delle forze, relazioni con forme intermedie, le quali, lungi d'essere permanenti, caratterizzano soltanto certe fasi d'uno svilupparsi normale. Se dai corpi dotati della vita passiamo agli enti del mondo inorganico, troveremo esempi che caratterizzano ad un alto grado i progressi della geologia moderna. Riconosceremo come, giusta le grandi vedute d'Elia di Beaumont, le catene delle montagne che dividono i climi, le zone vegetali e le razze de'popoli ci rivelino la loro *età relativa*, e per la natura dei banchi di sedimento ch'esse hanno sollevati, e per le direzioni che seguono al disopra delle lunghe fenditure sulle quali si è fatto l'aggrinzamento della superficie del globo. Affinità di giacitura in formazioni di trachite e di porfido sienitico, di diorite e di serpentino, rimaste dubbie nei terreni auriferi dell'Ungheria, nell'Ural, ricco di platino, ed al pendio meridiano-occidentale dell'Altai siberiano, si trovano chiarite da osservazioni raccolte sugli altipiani di Messico e d'Antioquia, nei burroni insalubri del Choco. I materiali più importanti sui quali, nei tempi moderni, la fisica del mondo ha posto le sue basi, non furono accumulati alla ventura. Si è riconosciuto alla fine, e questa convinzione dà un carattere particolare alle investigazioni dell'epoca nostra, che lontane peregrinazioni, dedicate lunga pezza di preferenza al racconto di rischiose

avventure, non possono essere istruttive se non in quanto il viaggiatore conosce lo stato della scienza di cui deve allargare il patrimonio, se non in quanto le sue idee guidano le sue ricerche e lo iniziano allo studio della natura.

In virtù di questa tendenza verso i concepimenti generali, pericolosa soltanto ne' suoi abusi, una considerevole parte delle cognizioni fisiche già acquistate può diventare proprietà comune di tutti gli ordini della società; ma questa proprietà non ha valore se non in quanto la diffusa istruzione si distingua, per l'importanza degli oggetti che tratta e per la dignità delle sue forme, da quelle composizioni poco sostanziali che, sino alla fine del secolo decimottavo, qualificaronsi col nome improprio di *dottrina popolare*. Amo di persuadermi che le scienze esposte in un linguaggio che si elevi alla loro altezza, grave ed animato ad un tempo, deggiono offrire a coloro che, rinchiusi nell' angusta cerchia dei doveri della vita, arrossiscono d' esser rimasti lungamente estranei all' intimo commercio con la natura, uno de' più vivi diletti, quello d' arricchire l' intelletto di novelle idee. Questo commercio, per le emozioni che eccita, risveglia per così dire, in noi organi che hanno lunga pezza sonnecchiato. Noi riusciamo ad abbracciare d' uno sguardo esteso ciò che, nelle fisiche scoperte, dilata la sfera dell' intelligenza, e ciò che, per felici applicazioni alle meccaniche e chimiche arti, accresce la nazionale ricchezza.

Una cognizione più esatta del legame dei fenomeni ci franca altresì d' un errore, troppo invalso ancora; cioè che, sotto l' aspetto del progresso delle società umane della loro prosperità industriale, i rami dello scibile naturale non tutti hanno lo stesso intrinseco valore. Si statuiscono di pieno arbitrio gradi d' importanza tra le scienze matematiche, lo studio dei corpi organizzati, la conoscenza dell' elettro-magnetismo, l' investigazione delle proprietà generali della materia

ne' suoi diversi stati d' aggregazione molecolare. Si deprime presontuosamente ciò che si crede invilire col nome di « ricerche puramente teoriche. » Si dimentica, ed è pur vecchia rampogna, che l' osservazione d' un fenomeno che sembra sulle prime interamente isolato, racchiude sovente il germe d' una grande scoperta. Allorchè Galvani eccitò, la prima volta, la fibra nervosa pel contatto accidentale di due metalli eterogenei, i suoi contemporanei non s' imaginavano mai che l' azione della pila di Volta ci facesse vedere negli alcali metalli a lustro argentino, natanti nell' acqua ed infiammabilissimi; che la pila stessa diverrebbe un potente stromento di analisi chimica, un termoscopio ed una calamita. Allorchè Huyghens osservò primo, nel 1678, un fenomeno di polarizzazione, la differenza che corre tra i due raggi nei quali un fascio di luce si divide traversando un cristallo a doppia rifrazione, non si prevedeva che, quasi un secolo e mezzo appresso, la grande scoperta della *polarizzazione cromatica*, di Arago, condurrebbe questo astronomo-fisico a risolvere, col mezzo d' un piccolo frammento di spato d' Islanda, gl' importanti quesiti (16) di sapere se la luce solare emani da un corpo solido o da un involucro gazoso, se le comete ci mandino una luce propria o riflessa.

La valutazione uguale dei rami tutti delle scienze matematiche, fisiche e naturali, è il bisogno d' un tempo in cui la ricchezza materiale degli Stati e la loro prosperità crescente hanno per base principale un impiego più ingegnoso e più razionale dei prodotti e delle potenze della natura. Una rapida occhiata allo stato attuale dell' Europa ne avverte che in mezzo a quella lotta ineguale dei popoli che rivaleggiano nell' aringo delle arti d' industria la segregazione ed una lentezza infingarda hanno per inevitabile effetto la diminuzione o l' annientamento totale della nazionale ricchezza. Avviene della vita dei popoli quel che della natura, la quale, secondo

una felice espressione di Göethe (17), « nella sua impulsione eternamente ricevuta e trasmessa, nello svolgimento organico degli enti, non conosce nè riposo, nè sosta, ed ha scagliato la sua maledizione su tutto ciò, che ritarda e sospende il movimento. » La propagazione degli studii forti e gravi delle scienze contribuirà a tener lontani i pericoli che qui accenno. L'uomo non ha azione sulla natura, non può appropriarsi alcuna delle sue forze, se non in quanto apprende a misurarle con precisione, a conoscere le leggi del mondo materiale. Il potere delle umane società, l'ha detto Bacone, è l'intelligenza; questo potere s'innalza e s'abbassa con lei. Ma il sapere ch'è frutto del libero esercizio del pensiero non è soltanto una gioia dell'uomo, è altresì l'antico ed indestruttibile diritto dell'umanità. Nel mentre ch'ei fa parte delle sue ricchezze, è spesso la compensazione dei beni che la natura ha ripartito con parsimonia sulla terra. I popoli che non prendono una parte attiva al movimento d'industria, alla scelta ed alla preparazione delle materie prime alle applicazioni felici della meccanica e della chimica, appo i quali questa attività non penetra le classi tutte della società, debbono infallibilmente decadere dalla prosperità che avevano aquistata. L'impoverimento è tanto più rapido, quanto che limitrofi stati ringiovaniscono vie maggiormente le loro forze per la felice influenza delle scienze sulle arti.

Alla stessa guisa che, nelle sfere elevate del pensiero e del sentimento, nella filosofia, nella poesia e nelle belle arti, il primo scopo d'ogni studio è uno scopo interno, quello di ampliare e fecondare l'intelletto, del pari il fine verso il quale le scienze deggiono tendere direttamente è lo scoprimento delle leggi, del principio d'unità che si rivella nella vita universale della natura. Proseguendo la via che noi abbiamo così additata, gli studii fisici riusciranno ognora più vantaggiosi ai progressi dell'industria, la quale è una conquista

dell'intelligenza dell'uomo sulla materia. Mercè una felice connessità di cause e d'effetti, spesso anche senza che l'uomo ne abbia la previsione, il vero, il bello, il buono si trovano collegati all'utile. Il migliorare delle colture lasciate a mani libere ed in proprietà meno estese; lo stato florido delle arti meccaniche, francate dalle pastoie che loro opponeva lo spirito di corporazione; il commercio aggrandito e vivificato dalla moltiplicità dei mezzi di contatto fra i popoli, ecco gli effetti gloriosi degl'intellettuali progressi e del perfezionamento delle politiche istituzioni ne'quali questi progressi si riflettono. Il quadro della storia moderna dovrebbe convincere coloro di cui sembra tardo il ridestarsi.

Non temiamo tampoco che la direzione che caratterizza il nostro secolo, che la predilezione sì decisa per lo studio della natura e pei progressi dell'industria, abbiano per effetto necessario di rallentare i nobili sforzi che si operano nel dominio della filosofia, della storia e nella cognizione dell'antichità: ch'esse tendano a togliere alle produzioni delle arti, abbellimento della nostra esistenza, il vivificante soffio della fantasia. Da per tutto ove, sotto l'egida di libere istituzioni e d'una saggia legislazione, i germi qualunque della civiltà possono pienamente svilupparsi, non è da temere che una pacifica rivalità nuoca a nessuna delle creazioni della mente. Da ciascuno di tali germogli pullulano preziosi frutti allo Stato, quelli che danno il nutrimento all'uomo e son fondamento della fisica sua richezza, come pur quelli, che, più durevoli, trasmettono la gloria dei popoli alla posterità più remota. Gli Spartani, non ostante la loro austerità doria, pregavano gli dei « d'accordar loro il bello col buono (18). »

Io non isvolgerò più a lungo queste considerazioni sì di sovente esposte sull'influenza che esercitano le scienze matematiche e fisiche in tutto ciò che concerne i bisogni materiali della società. L'aringo ch'io deggio correre è troppo vasto

per concedermi d'insistere qui sull' utilità delle applicazioni. Avvezzo a corse lontane, forse ho il torto di dipingere in via come più appianata e più gradevole che non è in fatto: è l'abitudine questa di coloro che amano di guidare gli altri fino alle sommità di alte montagne. Essi vantano la vista, anche allora che un esteso tratto di pianure resta nascosto nelle nubi; sanno che un velo vaporoso e semi-diafano ha una segreta malìa, che l'imagine dell'infinito lega il mondo dei sensi al mondo delle idee e delle emozioni. Similmente altresì, dall'altezza a cui s'eleva la fisica del mondo, l'orizzonte non si mostra egualmente rischiarato e ben determinato in ogni sua parte. Ma ciò che potrà restar vago e velato non lo sarà solamente per conseguenza del difetto di commercio che risulta dallo stato d'imperfezione d'alcune scienze; lo sarà più ancora per colpa della guida che, imprudentemente, ha intrapreso d'elevarsi fino a quelle sommità.

L'introduzione al *Cosmos* non aveva del rimanente per iscopo di far valere l'importanza e la grandezza della fisica del mondo, le quali sono fuor di contrasto ai nostri giorni. Volli soltanto provare che, senza nuocere alla solidità degli studii speciali, si può trarre a generalità le idee, raccoglierle in un centro comune, mostrare le forze e gli organismi della natura come mossi ed animati da un medesimo impulso. « La natura, dice Schelling nel suo poetico discorso sulle arti, non è una massa inerte; essa è, per colui che sa penetrarsi della sublime sua grandezza, la forza creatrice dell'universo, forza di continuo operante, primitiva, eterna, che fa nascere nel proprio seno tutto ciò che esiste, perisce e rinasce a vicenda. »

Allargando i limiti della fisica del globo, unendo sotto uno stesso punto di veduta i fenomeni che presenta la terra con quelli che avvengono negli spazii celesti, la mente si eleva alla scienza del *Cosmos*, la fisica del globo viene convertita

in una fisica del mondo. Una di queste denominazioni è formata ad imitazione dell' altra; ma la scienza del *Cosmos* non è l' aggregazione enciclopedica dei risultamenti più generali e più importanti che si deducono dagli studii speciali. Questi risultamenti non danno che i materiali d' un vasto edifizio; il loro complesso non potrebbe costituire la fisica del mondo, scienza che aspira a far conoscere l'azione simultanea e la vasta concatenazione delle forze che animano l' universo. La distribuzione dei tipi organici secondo le relazioni di latitudine, d' altezza e di climi (geografia delle piante e degli animali), è cotanto differente dalla botanica e dalla zeologia descrittiva quanto lo è la geologia dalla mineralogia propriamente detta. La fisica del mondo non dee quindi andar confusa con quelle *Enciclopedie delle scienze naturali* fin qui pubblicate il cui titolo è così vago come i limiti ne sono mal segnati. Nell' opera nostra, i fatti particolari non saranno considerati che nelle loro relazioni col tutto. Più questo punto di vista è elevato, e più l' esposizione della nostra scienza esige un metodo che le sia proprio, un linguaggio animato e pittoresco.

In fatti, il pensiero ed il linguaggio sono fra essi in un' intima ed antica alleanza. Allorchè, per l' originalità della sua struttura e la sua nativa ricchezza, la lingua riesce a dar leggiadria e chiarezza ai quadri della natura; allorchè, per la felice flessibilità della sua organizzazione, si presta a dipingere gli oggetti del mondo esterno, essa effonde in pari tempo come un soffio di vita sul pensiero. In virtù di questo mutuo riverbero la parola è più che un segno o la forma del pensiero. La sua benefica influenza si manifesta segnatamente in presenza del suolo natio, per l' azione spontanea del popolo di cui è la vivente espressione. Superbo d' una patria che cerca di concentrare la sua forza nell' unità intellettuale, amo di ricordare, ripensando a me stesso, i vantaggi che

offre allo scrittore l' uso d' un idioma che gli è proprio, il solo cui possa maneggiare con qualche pieghevolezza. Felice, se gli è dato, esponendo i grandi fenomeni dell' universo, d' attingere nelle profondità d' una lingua che, da secoli, pel libero voto del pensiero come per le opere della imaginazione creatrice, ha sì potentemente influito sugli umani destini!

LIMITI E METODO D'ESPOSIZIONE

DELLA

DESCRIZIONE FISICA DEL MONDO.

Nelle considerazioni precedenti cercai di sporre e di chiarire, con alcuni esempi, come i diletti che offre l' aspetto della natura, sì diversi nelle loro fonti, siensi accresciuti e nobilitati venendo a conoscere la connessità dei fenomeni e le leggi onde sono regolati. Mi resta ad esaminare lo spirito del metodo che dee dirigere la sposizione della *descrizione fisica del mondo*, ad indicare i limiti entro i quali penso di circoscrivere la scienza, giusta quanto mi avvenne d' osservare nel corso de' miei studii e sotto i differenti climi. Possa io lusingarmi della speranza che una discussione di tal fatta abbia a giustificare il titolo imprudentemente dato a quest' opera, ed a francarmi dalla taccia d' una presunzione che sarebbe doppiamente biasimevole trattandosi di scientifici lavori! Prima di presentare il quadro dei fenomeni parziali, distribuiti nei gruppi ch' essi formano, tratterò delle questioni generali che, intimamente legate fra esse, involgono la natura delle nostre cognizioni sul mondo esterno e la relazione che queste hanno, in tutte le epoche della storia, con le differenti fasi della coltura intellettuale dei popoli. Tali questioni hanno per oggetto :

1.° I limiti precisi della discrezione fisica del mondo, come scienza distinta.

2.° La rapida enumerazione della totalità dei fenomeni della natura, sotto la forma d' un *quadro generale della natura.*

3.° L' influenza del mondo esterno sull' imaginazione ed il sentimento, influenza che ha dato, nei tempi moderni, un potente impulso allo studio delle scienze naturali, con la descrizione animata delle regioni lontane, con la pittura del paese in quanto essa caratterizza la fisionomia de' vegetabili, con le piantagioni o la disposizione delle forme vegetali straniere in gruppi che sono fra essi in opposizione.

4.° La storia della contemplazione della natura, o lo svolgimento progressivo dell' idea del *Cosmos*, secondo la serie dei fatti storici e geografici che guidarono alla scoperta della concatenazione dei fenomeni.

Quanto più elevato è il punto di vista sotto cui la fisica del mondo considera i fenomeni, e tanto più è necessario di circoscrivere la scienza ne' suoi veri confini, e di separarla da tutte le cognizioni analoghe od ausiliarie. La descrizione fisica del mondo è fondata sulla contemplazione della universalità delle cose create, di tutto ciò che consiste nello spazio, in fatto di sostanze e di forze, della simultaneità degli enti materiali che constituiscono l' universo. La scienza che cerco di definire ha quindi per l' uomo, abitatore della terra, due parti distinte: la terra stessa e gli spazii celesti. Al fine di far vedere il carattere proprio, il carattere d' indipendenza della descrizione fisica del mondo, e per indicare ad un tempo l' indole delle sue relazioni con la *fisica generale*, con la *storia naturale descrittiva*, la *geologia* e la *geografia comparata*, io mi soffermerò a primo tratto e di preferenza a quella parte della scienza del *Cosmos* che concerne la terra. Nella stessa guisa che la storia della filosofia non consiste in una enumerazione in alcun modo materiale delle opinioni filosofiche

delle differenti età, del pari altresì la fisica descrizione del mondo esser non potrebbe una semplice associazione enciclopedica delle scienze testè nominate. La confusione fra cognizioni strettamente congiunte è tanto maggiore, quanto che, da secoli, è invalsa l'abitudine d'indicare gruppi di nozioni empiriche con denominazioni che sono ora troppo late, ora troppo ristrette, per rispetto alle idee che deggiono significare. Tali denominazioni hanno in oltre il grande scapito d'avere avuto un senso tutto diverso nelle lingue dell'antichità classica dalle quali furono tolte. I nomi di fisiologia, di fisica, di storia naturale, di geologia e di geografia, nacquero e cominciarono ad essere d'un uso abituale molto prima che si avessero idee nette nella diversità degli oggetti che tali scienze dovevano abbracciare, vale a dire, de' loro limiti rispettivi. Tale è sulle lingue l'influenza d'una lunga abitudine che presso una delle nazioni europee più inoltrate nella civiltà, il vocabolo *fisica* è applicato alla medicina, mentre la chimica tecnica, la geologia e l'astronomia, scienze meramente sperimentali, sono annoverate fra i *lavori filosofici* di un'accademia la cui rinomanza è giustamente universale.

Si è tentato sovente, e quasi sempre invano, di sostituire alle antiche denominazioni, vaghe senza dubbio, ma oggidì generalmente comprese, nomi nuovi e meglio formati. Tali mutamenti vennero specialmente proposti da coloro che s'applicarono alla riduzione in classi generali dello scibile umano, dalla grande Enciclopedia (*Margarita philosophica*) di Gregorio Reisch (19), priore della Certosa di Friburgo , verso la fine del secolo decimoquinto, fino al cancelliere Bacone, da Bacone fino a d'Alembert, e, in questi ultimi tempi, sino ad un fisico sagacissimo, Andrea-Maria Ampère (20). La scelta d'una monenclatura greca poco appropriata è forse stata più dannosa ancora a quest'ultimo tentativo, che l'abuso delle divisioni binarie e l'eccessiva moltiplicità dei gruppi.

La descrizione fisica del mondo, considerando l'universo come oggetto dei sensi esterni, ha indubitatamente d'uopo dell'aiuto della fisica generale e della storia naturale descrittiva come d'ausiliari; ma la contemplazione delle cose create, congiunte fra esse e formanti un *tutto* animato da forze interne, dà alla scienza di cui trattiamo in questa opera un carattere peculiare. La fisica s'arresta alle proprietà generali dei corpi, il prodotto essendo dell'astrazione, la generalizzazione dei fenomeni sensibili. Di già, nell'opera in cui poste furono le prime fondamenta della fisica generale, negli otto libri fisici d'Aristotele (21), tutti i fenomeni della natura sono considerati come dipendenti dall'azione primitiva e vitale d'una forza unica, fonte d'ogni movimento nell'universo. La parte terrestre della fisica del mondo, alla quale conserverei volentieri l'antica denominazione sommamente espressiva di *Geografia fisica*, tratta dalla distribuzione del magnetismo nel nostro pianeta, secondo le relazioni d'intensità e di direzione, ma non si occupa delle leggi spettanti alle attrazioni o alle ripulsioni dei poli, nè dei mezzi di produrre correnti elettro-magnetiche permanenti o passaggere. La geografia fisica delinea a grandi tratti la configurazione compatta od articolata dei continenti, l'estensione del loro litorale raffrontata alla loro superficie, la ripartizione delle masse continentali nei due emisferi, ripartizione che esercita una potente influenza su la diversità dei climi e le modificazioni meteorologiche dell'atmosfera; addita il carattere delle catene di montagne, le quali, sollevate a differenti epoche, formano particolari sistemi, ora paralleli fra essi, ora divergenti ed incrocicchiati; esamina l'altezza media dei continenti al dissopra del livello dei mari e la posizione del centro di gravità del loro volume, la relazione tra il punto culminante d'una catena di montagne e l'altezza media della sua cresta e la sua prossimità ad un litorale vicino. Ci dipinge le rocce d'eruzione come principii di movimento, poichè agiscono sulle

rocce di sedimento cui traversano, sollevano e piegano: contempla i vulcani secondo che si trovano isolati o disposti per serie ora semplice, ora doppia, ed estendendo a diverse distanze la sfera della loro attività, sia per le rocce cui producono in correnti lunghe e strette sia scuotendo il suolo per circoli che s'allargano o sminuiscono di diametro nel processo dei secoli. La parte terrestre della scienza del *Cosmos* descrive la lotta dell'elemento liquido con la terra ferma; espone ciò che tutti i grandi fiumi hanno di comune nel loro corso superiore od inferiore, nella loro biforcazione, allorchè il loro bacino non è ancora interamente chiuso; ci mostra i fiumi che spezzano le più alte catene di montagne o che seguono per lunga pezza un corso parallelo a tali catene, sia al loro piede sia a grandi distanze, allorchè il sollevamento degli strati d' un sistema di montagne, la direzione dell' agrinzamento, è conforme a quella dei banchi più o meno inclinati della pianura. I risultamenti generali dell' *orografia* e dell' *idrografia* comparate appartengono soli alla scienza di cui ho a cuore di determinare qui i limiti reali, ma non l' enumerazione delle più grandi altezze del globo, il quadro dei vulcani ancora attivi, dei bacini di fiumi o della moltitudine dei loro affluenti. Queste particolarità sono del dominio della geografia propriamente detta. Noi non consideriamo qui i fenomeni che nella loro mutua dipendenza, nelle relazioni che presentano con le differenti zone nel nostro pianeta e la sua costituzione fisica in generale. Le specialità della materia brutta od organizzata classificate secondo l' analogia di forma e di composizione, offrono certamente uno studio di grande momento, ma aspettano ad una sfera d' idee molto distinte da quelle che di quest' opera sono oggetto.

Per comporre una geografia fisica si hanno i materiali più importanti nelle descrizioni dei paesi; l' unione però di tali descrizioni, disposte per serie, sarebbe così lontana dall' of-

frirci l'immagine vera, la conformazione generale della superficie poliedrica del nostro pianeta, come le flore delle differenti regioni messe le une dopo le altre sarebbero lontane dal formare ciò che io dinoto col nome di *geografia delle piante.* Non altrimenti che applicando il pensiero alle osservazioni isolate, non altrimenti che con le vedute dell'intelletto, il quale paragona e combina, viene a noi fatto di scoprire ciò che nella individualità delle forme organiche (nella *morfologia*, o storia naturale descrittiva delle piante e degli animali), si presenta di comune per riguardo alla distribuzione climaterica degli enti; è l'induzione che ci rivela le leggi numeriche nella proporzione delle famiglie naturali alla somma totale delle specie, la latitudine o posizione geografica delle zone ove, nelle pianure, ogni forma organica giunge a svilupparsi in tutta la sua pienezza. Tali considerazioni assegnano alla descrizione fisica del globo, col generaleggiare le idee, un carattere elevato; ci chiariscono come l'aspetto del paese, l'impressione che ci lascia la fisionomia della vegetazione, dipende da quel dipartimento locale delle forme, dal numero e dal crescere più rigoglioso di quelle che predominano nella massa totale.

I cataloghi degli enti organizzati, ai quali si dava una volta il titolo fastoso di *sistemi della natura*, ci mostrano un'ammirabile concatenazione d'analogia di struttura, sia nello svolgimento già completo di tali enti, sia nelle diverse fasi cui percorrono (secondo le vedute d'una *evoluzione* in spirale), da un canto, le foglie, le brattee, il calice, la corolla e gli organi fecondatori, dall'altro, con più o meno simmetria, i tessuti cellulari e fibrosi degli animali, le loro parti articolate o vagamente abbozzate; ma tutti questi pretesi sistemi della natura, ingegnosi nelle loro classificazioni, non ci fanno vedere gli enti distribuiti in gruppi nello spazio, secondo le loro diverse relazioni di latitudine e d'altezza al dissopra del

livello dell'Oceano, secondo le influezze climateriche a cui vanno soggetti in virtù di cause generali e più spesso assai remote. L'ultimo scopo d'una geografia fisica è però, come più sopra enunciammo, di riconoscere l'unità nella immensa varietà dei fenomeni, di scoprire, mediante il libero esercizio del pensiero e la combinazione delle osservazioni, la costanza dei fenomeni in mezzo alle loro mutazioni apparenti. Se, nell'esporre la parte terrestre del *Cosmos*, si dee discendere talvolta a fatti del tutto speciali, è solo per rammemorare la connessità che hanno le leggi della distribuzione reale degli enti nello spazio con le leggi della ideale classificazione per famiglie naturali, per analogia d'ordinamento interno e d'evoluzione progressiva.

Da questo discutere sui limiti delle scienze ed in particolare sulla distinzione necessaria tra la botanica descrittiva (morfologia dei vegetabili) e la geografia delle piante, risulta che, nella fisica del globo, la moltitudine innumerevole dei corpi organizzati che abbelliscono il creato è più tosto considerata per *zone d'abitazione* o di *stazioni*, per *fascie isoterme* diversamente inflesse, di quello che secondo i principii di gradazione nello svolgimento dell'interno organismo; nondimeno la botanica e la zoologia che costituiscono la storia naturale descrittiva dei corpi organizzati, non cessano d'essere sorgenti feconde di materiali senza cui lo studio delle relazioni e della concatenazione dei fenomeni mancherebbe d'un solido fondamento.

Al fine di porre cotesta concatenazione in tutta la sua luce, aggiungeremo un'osservazione importante. A primo aspetto, abbracciando d'uno sguardo la vegetazione d'un continente in vasti spazii, veggonsi le forme più dissimili, le graminee e le orchidi, gli alberi coniferi e le querce, raccostate localmente le une alle altre; veggonsi le famiglie naturali ed i generi, anzichè costituire aggruppamenti locali, dispersi come

alla ventura. Questa dispersione però non è che apparente. La descrizione fisica del globo ci mostra che il complesso della vegetazione presenta numericamente, nello svolgimento delle sue forme e de suoi tipi, relazioni costanti; che, sotto gli stessi climi, le specie che mancano ad un paese sono surrogate, nel paese vicino, da specie d'una medesima famiglia, e che questa *legge delle sostituzioni*, la quale sembra inerente ai misteri stessi dell'organismo, considerato nell'origine sua, mantiene in limitrofe regioni la relazione numerica delle specie della tale o tale grande famiglia alla massa totale dei fanerogami che compongono le due flore. Egli è così che si rivela nella moltiplicità delle organizzazioni distinte da cui sono popolate; un principio d'unità, un disegno primitivo di distribuzione; si rivela altresì sotto ciascuna zona, diversificata secondo le famiglie delle piante, un'azione lenta, ma continua sull'oceano aereo, azione che dipende dall'influenza della luce, prima condizione d'ogni vitalità organica alla superficie solida e liquida del nostro pianeta.

Direbbesi che sotto gli occhi nostri si rinovella di continuo secondo una bella espressione di Lavoisier, l'antica maraviglia del mito di Prometeo.

Se noi applichiamo il metodo che ci proponiam di seguire nello sporre la descrizione fisica della terra, alla parte siderale della scienza del *Cosmos*, alla descrizione degli spazii celesti ed ai corpi da cui sono popolati, l'assunto nostro si troverà ridotto ad una singolare semplicità. Ove si voglia, secondo antiche abitudini di nomenclatura, poco conformi a filosofici intendimenti, distinguere la *fisica*, vale a dire le considerazioni generali sull'essenza della materia e le forze che le imprimono il movimento, dalla *chimica*, oggetti della quale sono l'eterogeneità delle sostanze, la loro composizione elementare, le loro attrazioni, le quali non sono unicamente determinate dalle relazioni delle masse, è uopo convenire

che la descrizione della terra presenta azioni *fisiche* e *chimiche* ad un tempo. A canto alla gravitazione, che deesi considerare come la forza primitiva della natura, operano intorno a noi nell'interno del nostro pianeta o alla sua superficie, attrazioni d'altra fatta. Sono quelle che si esercitano fra le molecole in contatto, o lontane a minime distanze (22), colle forze d'*attività chimica*, le quali, diversamente modificate dall'elettricità, dal calore, dalla condensazione in corpi porosi, o dal contatto d'una sostanza intermedia, animano, ugualmente il mondo inorganico ed i tessuti degli animali e delle piante. Gli spazii celesti non offrono fin qui alla nostra osservazione diretta (tranne i piccoli asteroidi, che ci appariscono in forma d'aeroliti, di bolidi e di stelle cadenti) altro che fenomeni fisici, e tra questi, con certezza, altro che effetti dipendenti dalla quantità di materia o dalla distribuzione delle masse. I fenomeni degli spazii celesti possono quindi considerarsi come soggetti a semplici leggi dinamiche, alle leggi del moto. Gli effetti che potrebbero derivare dalla differenza specifica, dalla eterogeneità della materia, non sono finora l'oggetto dei calcoli della mecanica dei cieli.

L'abitatore della terra non entra in relazione con la materia contenuta negli spazii celesti, sia ella disseminata od unita in grandi sferoidi, che per due vie, per via di fenomeni di luce (la propagazione delle onde luminose) o per mezzo dell'influenza che esercita la gravitazione universale (l'attrazione delle masse). L'esistenza di periodiche azioni del sole e della luna sulle variazioni del magnetismo della terra, è rimasta fino a questo giorno assai dubbiosa. Nessuna sperienza diretta c'illumina sulle proprietà o qualità specifiche delle masse che circolano negli spazii celesti e su quelle delle materie che forse le riempiono interamente se non fosse, come testè dicemmo, la caduta degli aeroliti o meteoriche pietre che vengono a commescersi alle sostanze terrestri. Basta il

ricordar qui come la loro direzione e la loro enorme velocità di proiezione (velocità tutta planetaria) lo rendono più che probabile; che tali masse, avviluppate di vapori e riducendosi allo stato d'incandescenza, sono piccoli corpi celesti cui l'attrazione del nostro pianeta ha fatto deviare dalla loro strada primitiva. L'aspetto sì familiare pe' nostri occhi, di cotesti astaroidi, l'analogia loro coi materiali che compongono la crosta del nostro globo, danno certamente motivo di stupire; ma tutto ciò che si deve inferirne, secondo me, è che in generale i pianeti e le altre masse le quali sotto l'influenza d'un corpo centrale si sono agglomerate in anelli di vapori e poscia in sferoidi, essendo parti integranti d'uno stesso sistema ed avendo una stessa origine, possono offrire altresì un aggregato di sostanze d'una pari chimica identità. Avvi di più ancora. Le sperienze del pendulo, e particolarmente quelle che Bessel ha fatte con sì rara precisione, confermano l'assioma neutoniano, che i corpi più eterogenei nella loro composizione (l'acqua, l'oro, il quarzo, il calcare granuloso e differenti masse d'aeroliti) provano, per l'attrazione della terra, un acceleramento simile del tutto. Alle osservazioni del pendulo si congiungono prove somministrate da osservazioni meramente astronomiche. La quale identità della massa di Giove, dedotta dall'azione ch'esercita questo grande pianeta sui suoi satelliti, sulla cometa d'Encke a breve periodo, e sui piccoli pianeti (Vesta, Giunone, Cerere e Pallade), dà ugualmente la certezza che, nei limiti delle nostre osservazioni attuali l'attrazione è determinata dalla quantità sola della materia (23).

Questa assenza d'ogni percezione dell'eterogeneità della materia ottenuta per mezzo dell'osservazione diretta o di teoriche considerazioni, imprime alla meccanica dei cieli un alto grado di semplicità. La sconfinata estensione degli spazii celesti assoggettata essendo alla sola scienza del moto, la parte

siderale del *Cosmos* attinge alle sorgenti pure e feconde dell'astronomia matematica, come la parte terrestre a quelle attinge della fisica, della chimica e della morfologia organica; ma il dominio di queste tre ultime scienze abbraccia fenomeni talmente complicati, e fino a questo giorno sì poco suscettivi di metodi rigorosi, che la fisica del globo non potrebbe gloriarsi qui di quella certezza, di quelle semplicità nella sposizione dei fatti e del mutuo loro concatenamento, che caratterizza la parte celeste del *Cosmos*. Una tale diversità spiega forse perchè, nei primi tempi dell'intellettuale coltura dei Greci, la filosofia della natura dei Pitagorici si volse con più ardore verso gli astri e gli spazii celesti che verso la terra ed i suoi prodotti; perchè per opera di Filolao e in progresso, per le vedute analoghe d'Aristarco di Samo e di Seleuco d'Eritre, essa è divenuta più proficua alla conoscenza del vero sistema del mondo, di quello che la filosofia della natura della scuola ionia potè mai esserlo alla fisica della terra. Poco sollecita delle proprietà e delle differenze specifiche delle materie ohe riempiono gli spazii. la grande scuola italica, nella sua gravità, doria, volgeva di preferenza gli sguardi verso tutto ciò che pertiene alle misuse, alla configurazione dei corpi, alle distanse dei pianeti ed ai numeri (24), là dove i fisici d'Ionia fermavansi alle qualità della materia, alle sue trasformazioni vere o supposte, ed alle sue relazioni d'origine. Serbato era alla potenza del sommo intelletio d'Aristotile, sì profondamente speculativo e pratico insieme, di scandagliare con pari successo il mondo delle astrazioni a quel mondo delle realtà materieli che inesauste sorgenti racchiude di movimento e di vita.

Parecchi trattati di fisica geografia e de migliori, contengono nelle loro introduzioni una parte tutta astronomica, che tende a far considesare da prima la terra nella sua dipendenza planetaria e come faciente parte del grande sistema di

cui è anima il corpo centrale del sole. Questa direzione delle idee è totalmente opposta a quella ch' io mi propongo di seguire. Per comprendere appieno la grandezza del *Cosmos* non bisogna subordinare la parte siderale, che Kant chiamò la *storia naturale del cielo*, alla parte terrestre. Nel *Cosmos*, secondo l' antica sentenza d'Aristarco di Samo, il quale preludeva al sistema di Copernico, il sole (co' suoi satelliti) non è che una delle innumerevoli stelle che riempiono gli spazii. La descrizione di tali spazii, la fisica del mondo, non può cominciare che dai corpi celesti, dal grafico disegno della terra, dirò anzi da una *vera carta del mondo*, quale, d'una mano ardita, Herschel il padre osò figurarla. Se, non ostante la picolezza del nostro pianeta, quando lo concerne esclusivamente occupa in quest' opera il posto principale e vi si trova sviluppato più minutamente, ciò deriva soltanto dalla sproporzione delle nostre cognizioni tra quello che è accessibile all' osservazione e quello che non lo è. Questo assoggettamento della parte celeste alla terrestre s' incontra già nella grande opera di Bernardo Varenio (25) che venne in luce alla metà del decimosettimo secolo. Egli fu il primo a distinguere la geografia in *generale* e *speciale*, suddividendo quella in parte *assoluta*, vale a dire propriamente *terrestre*, ed in parte *relativa* o *planetaria*, secondo che si considera la superficie della terra nelle sue differenti zone, o pure le relazioni del nostro pianeta col sole e la luna. È un vanto glorioso per Varenio che la sua *Geografia generale e comparata* abbia potuto fermare ad un alto grado l' attenzione di Newton. Lo stato imperfetto delle scienze ausiliare alle quali doveva attingere non poteva adeguare la grandezza dell' assunto. Riserbato era al nostro tempo ed alla mia patria di vedere delineato, per opera di Carlo Ritter, il quadro della geografia comparata in tutta la sua ampiezza e nell' intima sua relazione con la storia dell' uomo (26).

L'enumerazione de'risultamenti più importanti delle scienze astronomiche e fisiche le quali, nel *Cosmos*, collimano verso un centro comune, legittima fino ad un certo punto il titolo che ho dato alla mia opera. Fors'anche questo titolo è più temerario dell'impresa stessa, circoscritta nei limiti che le ho assegnati. L'introdurre nomi nuovi, principalmente quando si tratta d'idee generali, d'una scienza che dev'essere accessibile a tutti, fu sempre contrario alle mie abitudini; non aggiunsi alla nomenclatura se non là dove, nelle specialità della botanica e della zoologia descrittive, si rendevano indispensabili nuovi termini per oggetti la prima volta descritti. Le denominazioni *descrizione fisica del mondo*, o *fisica del mondo*, di cui mi valgo indifferentemente, sono desunte da quelle di *descrizione fisica della terra*, o *fisica del globo*, vale a dire *geografia fisica*, da lunga pezza passate nell'uso. Uno dei più potenti intelletti di tutti i secoli, Descartes, ha lasciato alcuni frammenti della grande opera che divisava di pubblicare col titolo di *Mondo*, e per la quale erasi dato a studii speciali, fin anche a quello dell'anatomia dell'uomo. L'espressione poco usitata, ma precisa, di *Scienze del Cosmos*, ricorda alla mente dell'abitatore della terra che qui si tratta d'un orizzonte più vasto, dell'unione di tutto ciò che riempie lo spazio, dalle nebulose più lontane fino alla distribuzione climaterica di que' leggieri tessuti di materia vegetale che variopinti tappezzano le rocce.

Per effetto del corto vedere proprio all'infanzia dei popoli, le idee di *terra* e di *mondo* furono confuse di buon'ora nell'uso di tutte le lingue. Valgano d'esempio le espressioni vulgari: *Viaggi intorno al mondo*, *mappamondo*, *nuovo mondo*. Le espressioni più precise e più nobili di *Sistema del mondo*, *mondo planetario*, *creazione ed età del mondo*, si riferiscono le une alla totalità delle materie che riempiono gli spazii celesti, le altre all'origine dell'universo intero.

Par cosa naturale che in mezzo all' estrema variabilità dei fenomeni di cui son campo la superficie del nostro globo e l' oceano aereo che lo circonda, l'uomo sia stato scosso all' aspetto della vôlta celeste, dei movimenti regolati ed uniformi del sole e dei pianeti. Laonde il vocabolo *Cosmos* indicava primitivamente, nei tempi omerici, le idee d'*ornamento* e d'*ordine* insieme. Più tardi passò nel linguaggio delle scienze. Applicato venne in progresso all'accordo che si osserva nei movimenti dei corpi celesti, all'ordine che regna nell'universo intero, al mondo stesso nel quale quest'ordine si riflette. Secondo l'asserzione di Filolao, di cui Boeckh ha commentato con sì rara sagacia i framenti, ugualmente che per testimonianza generale dell'antichità tutta, fu Pitagora il primo che si valse del vocabolo *Cosmos* per dinotare « l'ordine che regna nell'universo, l'universo o il mondo stesso (27) ». Dalla scuola della filosofia italica l'espressione passò in questo senso nella lingua dei poeti della natura, Parmenide ed Empedocle, di là nell'uso dei prosatori. Non discuteremo qui come, secondo queste medesime vedute pitagoriche, Filolao faccia una volta la distinzione tra l' Olimpo, Urano od il Cielo, ed il *Cosmos*; come lo stesso vocabolo, con un senso di pluralità, sia stato applicato a certi corpi celesti (i pianeti) circolanti intorno al *foco centrale del mondo*, od a gruppi di stelle. Nella mia opera, il vocabolo *Cosmos* è adoperato secondo prescrivono l' uso ellenico posteriore a Pitagora e la definizione sommamente precisa data nel *Trattato del mondo*, falsamente ad Aristotele attribuito. È il complesso del cielo e della terra, è l'universalità delle cose che costituiscono il mondo sensibile. Se, da lunga pezza, i nomi delle scienze non fossero stati deviati dalla loro vera linguistica significazione, l'opera che pubblico dovrebbe avere il titolo di *Cosmografia*, divisa in *Uranografia* e *Geografia*. I Romani, imitatori dei Greci, nelle loro fiacche prove di filosofia, si ridussero anch' essi alla fine a trasportare all' *uni-*

verso la significazione del loro *mundus*, il quale non indicava primitivamente che l'*acconcezza*, l'*ornamento*, non anco l'ordine o la regolarità nella distribuzione delle parti. È probabile che questo termine tecnico sia stato introdotto nella lingua del Lazio, come un equivalente di *Cosmos* secondo il suo doppio significato, da Ennio (28), settatore della scuola italica, traduttore dei filosofemi pitagorici d'Epicarmo o di qualcuno de' suoi adepti.

Noi faremo anzi tutto una distinzione tra la *storia fisica del mondo* e la *descrizione fisica del mondo*. La prima, concepita nel senso più generale della parola, dovrebbe, se ci fossero i materiali per iscriverla, esporre le variazioni a cui andò soggetto l'universo nel corso dell' età, delle stelle nuove che repentinamente sono apparse e scomparse alla vôlta del firmamento, dalle nebulose che si dissolvono o si condensano, fino al primo strato di vegetazione crittogama di cui si è coperto, sia il globo appena raffreddato alla sua superficie, sia uno scoglio di coralli sollevato dal grembo dei mari. La *descrizione fisica del mondo* offre il quadro di ciò che coesiste nello spazio, dell'azione simultanea delle forze della natura e dei fenomeni della natnra di cui elleno sono produttrici. Ma, per ben comprendere la natura, mal si potrebbe separare interamente, e d'un modo assoluto, la considerazione dello stato attuale delle cose, da quello delle fasi successive per le quali esse sono passate. Non si può comprendere la loro essenza ove non si pensi al modo della loro formazione. Non è la sola materia organica che perpetuamente si compone e si discioglie per formare nuove combinazioni; il globo, ad ogni fase della sua vita, ci rivela il mistero delle sue condizioni anteriori.

Non si può dare un'occhiata alla crosta del nostro pianeta senza incontrare le tracce d'un mondo organico distrutto. Le rocce di sedimento presentano una successione d'enti che sonosi associati per gruppi, esclusi e surrogati vicende-

volmente. Cotesti banchi, sovrapposti gli uni agli altri, ci svelono le faune e le flore di epoche differenti. In questo senso la descrizione della natura è intimamente collegata alla sua storia. Il geologo non può concepire il tempo presente senza risalire, guidato com'è dalla concatenazione delle osservazioni, a migliaia di secoli trascorsi. Delineando il quadro fisico del globo, vediamo, per così dire, il presente ed il passato penetrarsi reciprocamente; imperocchè avviene del dominio della natura quello che del dominio delle lingue, nelle quali le ricerche etimologiche ci fanno parimente vedere uno svolgimento successivo, ci mostrano tutto lo stato anteriore d'un idioma riflesso nelle forme che sono in uso a' nostri giorni. Questo riverbero del passato è tanto più manifesto nello studio del mondo materiale, quanto che vediamo nascere sotto i nostri occhi rocce d'eruzione e strati di sedimento simili a quelli dell' età anteriori. Per togliere un esempio persuadente dalle relazioni geologiche determinanti la fisionomia d'un paese, ricorderò qui che le cupole di trachite, i coni di basalto, le correnti d'amigdaloide a pori allungati e paralleli, di bianchi depositi di pomici frammisti a scorie nere, animano, per così dire, il paese, con le rimembranze del passato. Queste masse parlano all'imaginazione dell' osservatore istruito, come farebbero tradizioni d'un mondo anteriore. La forma delle rocce è la storia di esse.

Il significato nel quale i Greci ed i Romani hanno in origine adoperato il vocabolo *storia*, prova ch' essi pure avevano l'intimo convincimento che, per formarsi un' idea compiuta nello stato attuale delle cose, è d' uopo considerarle nella loro successione. Non è però nella definizione data da Verio Flacco (29), ma bensì negli scritti zoologici d' Aristotele che troviamo il vocabolo *storia* in senso d' una sposizione de' risultamenti dell' esperienza e dell' osservare. La descrizione fisica del mondo di Plinio il Vecchio ha il titolo di *Sto-*

ria naturale; nelle lettere di suo nipote è chiamata più nobilmente « Storia della natura ». I primi storici tra i Greci non separavano ancora le descrizioni dei paesi dalla narrazione degli avvenimenti di cui erano stati il teatro. Appo loro, la geografia fisica e la storia formarono una stretta colleganza; rimasero commiste, d'una maniera schietta e graziosa, fino a che il grande svolgimento dell' interesse politico e la perpetua agitazione della vita dei cittadini, fecero sparire nella storia dei popoli l'elemento geografico, per farne sin d'allora una scienza separata.

Resta ad esaminare se, mediante l' operazione dell' intelletto, si può sperare di ridurre l' immensità dei fenomeni diversi dal *Cosmos* abbracciati all' unità d' un principio, all' evidenza delle verità razionali. Nello stato presente delle nostre cognizioni empiriche non osiamo lusingarci d' una tale speranza. Le scienze sperimentali, fondate sull' osservazione del mondo esterno, mal potrebbero aspirare al compiuto; la natura delle cose e l' imperfezione de' nostri organi vi si oppongono ugualmente. Non si giungerà mai ad esaurire l' inesauribile ricchezza della natura, nè generazione alcuna potrà vantarsi d' avere abbracciato i fenomeni tutti quanti. Solo col distribuirli per gruppi si venne a capo, rispetto ad alcuni, di scoprire l' impero di certe leggi della natura, semplici e grandi com' essa. Questo impero andrà allargandosi senza dubbio di mano in mano che le scienze fisiche piglieranno incremento e perfezione. Luminosi esempi di tali progressi dati furono ai dì nostri ne' fenomeni elettro-magnetici, in quelli dipendenti dalla propagazione delle onde luminose e dal calorico irradiante. La dottrina feconda dell' evoluzione ci mostra del pari come, negli svolgimenti organici, tutto ciò che si forma è abbozzato previamente, come i tessuti delle materie vegetali ed animali nascono uniformemente dal moltiplicarsi e dal trasformarsi delle cellette.

Traendo a generalità le leggi che sulle prime, in cerchi più stretti, erano state applicate soltanto ad alcuni gruppi isolati di fenomeni, si ottengono, col tempo, gradazioni ognora più distinte, e si guadagna in amplitudine ed in evidenza fin a tanto che per altro il ragionamento sta ligio a fenomeni d'un'indole realmente analoga; ma tosto che le nozioni dinamiche non sono più sufficienti, dovunque le proprietà specifiche della materia e la sua eterogeneità sono in azione, è da temere che ostinandoci dietro la ricerca delle leggi, non troviamo sotto i nostri passi abissi impossibili a varcarsi. Il principio d'unità cessa di essere manifesto, il filo si spezza colà dove si appalesa, tra le forze della natura, un azione d'un genere particolare. La legge degli equivalenti e delle proporzioni numeriche di composizione, sì felicemente riconosciuta dai chimici moderni, proclamata sotto l'antica forma di simboli atomistici, rimane ancora isolata, indipendente dalle leggi matematiche del moto e della gravitazione.

I prodotti della natura, oggetti dell'osservazione diretta, possono essere distribuiti logicamente per classi, per ordini o famiglie. I quadri di tali distribuzioni spargono luce, non è dubbio, sulla storia naturale descrittiva; ma lo studio dei corpi organnizzati ed il loro concatenamento lineare, nell'atto in cui danno più unità e semplicità alla distribuzione dei gruppi, non possono innalzarsi ad una classificazione fondata sopra un solo principio di composizione e d'ordinamento interno. Nella stessa guisa che le leggi della natura presentano diverse gradazioni, secondo l'ampiezza degli orizzonti o dei circoli di fenomeni ch'esse abbracciano, anche l'esplorazione del mondo esterno ha fasi diversamente graduate. L'empirismo comincia da nozioni isolate che s'aggruppano secondo la loro analogia e la loro dissomiglianza. All'atto dell'osservazione diretta succede, ma tardi assai il desiderio di sperimentare, vale a dire di far nascere fenomeni sotto diffe-

renti condizioni determinate. L' esperimentatore razionale non opera a caso; è guidato da ipotesi ch' ei si è formate, da un presentimento quasi istintivo più o meno giusto del legame delle cose o delle forze della natura. Ciò che fu conquistato coll'osservazione o per la via delle sperienze conduce, mediante l'analisi e l'induzione, alla scoperta di empiriche leggi. Son quelle le fasi che l' umano intelletto ha percosse e che segnarono differenti epoche nella vita dei popoli; seguendo la quale strada si venne a capo di mettere insieme quella massa di fatti che oggidì costituiscono la base solida delle scienze della natura.

Due forme d'astrazione dominano la somma delle nostre cognizioni; relazioni di *quantità*, concernenti le idee di numero o di grandezza; e relazioni di *qualità*, che abbracciano le proprietà specifiche, l' eterogeneità della materia. La prima di tali forme, più accessibile all' esercizio del pensiero, appartiene allo scibile matematico; l' altra forma, più difficile a cogliere e più misteriosa in apparenza, è del dominio delle chimiche scienze. Per assoggettare i fenomeni al calcolo, si ha ricorso ad una costruzione ipotetica della materia per combinazione di molecole e d' atomi, di cui il numero, la forma, la posizione e la polarità deggiono determinare, modificare, variare i fenomeni. I miti di materie imponderabili e di certe forze vitali proprie di ciascun modo d'organizzazione, hanno complicato le idee e sparso una luce dubbia sul cammino da seguire. Sotto condizioni e forme d' intuizione sì diverse si è accumulata, a traverso i secoli, la prodigiosa congerie delle nostre empiriche cognizioni, e va ingrossando ai dì nostri con una rapidità crescente. Lo spirito scrutatore dell'uomo tenta di quando in quando, e con una riuscita a gran pezza disuguale, di sprezzare forme antiquate, simboli inventati per assoggettare la materia ribelle alle meccaniche costruzioni.

Noi siamo ancora assai lontani dal tempo in cui sarà possibile di ridurre, mercè le operazioni del pensiero, all' unità d' un principio razionale, tutto ciò che scorgiamo col mezzo dei sensi. Si può anzi porre in dubbio se un tale intento, nel campo della filosofia della natura, sarà mai conseguito. La complicazione dei fenomeni e l 'estensione immensa del *Cosmos* sembrano impedirlo; ma, quando pure il problema fosse insolubile nel suo complesso, una soluzione parziale, la tendenza verso la intelligenza del mondo non cessa di essere lo scopo eterno e sublime d' ogni osservazione della natura. Fedele all' indole delle opere che ho fin qui pubblicate, come ai lavori di misure, di sperienze, di ricerche di fatto che hanno empiuto il corso della mia vita, io mi limito alla sfera delle empiriche concezioni.

La sposizione d' un complesso di fatti osservati e combinati fra essi non esclude il desiderio d' aggruppare i fenomeni secondo il loro concatenamento razionale, di ridurre a generalità ciò che n' è suscettivo nella somma delle osservazioni particolari, d' arrivare alla scoperta delle leggi. È certo che l' assunto di voler comprendere l' universo fondandosi unicamente sulla ragione e sui principii della filosofia speculativa, assegnerebbe alla scienza del *Cosmos* uno scopo più elevato. Non mi farò mai a biasimare tentativi ai quali non mi sono io accinto, a biasimarli soltanto perchè la riuscita loro è rimasta fin qui assai dubbiosa. Contro la volontà ed i consigli di que' profondi e potenti pensatori che diedero una nuova vita a speculazioni già familiari all' antichità, i sistemi della natura hanno tenuto lontane le menti, nella nostra patria, per qualche tempo, dai gravi studii delle matematiche e fisiche scienze. L' inebriamento di pretese conquiste già fatte, un linguaggio nuovo bizzarramente simbolico, una predilezione per formole di razionalismo scolastico più grette di quelle conosciute nel medio evo, contrassegnarono, per

l'abuso delle forze in una gioventù generosa, i brevi saturnali d'una scienza meramente ideale della natura. Ripeto l'espressione abuso delle forze, imperocchè, eminenti intelletti, dedicati ad un tempo agli studii filosofici ed alle scienze d'osservazione, rimasero estranei a cotesti saturnali. I risultamenti ottenuti da serie investigazioni nella via dell'esperienza non potrebbero essere in contraddizione con una vera filosofia della natura. Quando v'ha contraddizione, la colpa n'è o del vuoto della speculazione o delle pretensioni esagerate dell'empirismo il quale crede d'aver provato coll'esperienza assai più di ciò che da quella non iscaturisce in effetto.

Che si contrapponga la natura al mondo intellettuale, come se questo non fosse compreso nel vasto seno di tale natura, o pure che la si contrapponga all'arte definita come una manifestazione della potenza intellettuale dell'umanità, questi contrasti, reflessi nelle lingue più colte, non deggiono per ciò condurre ad un divorzio tra la natura e l'intelligenza, divorzio che ridurrebbe la fisica del mondo a non esser più che un ammasso d'empiriche specialità. La scienza non comincia per l'uomo che al momento in cui lo spirito s'impadronisce della materia, in cui cerca di assoggettare la somma delle sperienze a razionali combinazioni. La scienza è lo spirito applicato alla natura; ma il mondo esterno non esiste per noi se non in quanto, per la via dell'intuizione, lo riflettiamo nel nostro interno. Nella stessa guisa che l'intelligenza e le forme del linguaggio il pensiero ed il segno, sono uniti da vincoli segreti ed indissolubili, del pari il mondo esterno si confonde, quasi senza nostra saputa, con le nostre idee ed i nostri sentimenti. I fenomeni esterni, dice Hegel nella *Filosofia della storia,* sono in alcun modo tradotti nelle nostre rappresentazioni interne. Il mondo *obiettivo* pensato da noi, in noi riflesso, è sottoposto alle forme eterne e necessarie del nostro essere intellettuale. L'attività dello

spirito si esercita sugli elementi che gli sono somministrati dalla sensibile osservazione. Laonde, fin dalla giovinezza dell'umanità, si scopre nella più semplice intuizione dei fatti naturali, nei primi sforzi tentati per comprenderli, il germe della filosofia della natura. Queste tendenze ideali sono diverse e più o meno gagliarde, secondo le individualità delle razze, le loro disposizioni morali ed il grado di coltura a cui un popolo si è innalzato in mezzo ad una natura che eccita l'imaginazione o la spegne tristamente.

La storia ci ha conservato la ricordanza delle molteplici forme sotto cui si è tentato di comprendere razionalmente il mondo intero dei fenomeni, di riconoscere nell'universo l'azione d'una sola forza motrice che penetra la materia, la trasforma e la vivifica. Questi cimenti risalgono nell'antichità classica, ai trattati sui principii delle cose proprie alla scuola ionia, trattati in cui, sull'appoggio di uno scarso numero d'osservazioni, si ebbe l'audacia di sottoporre il complesso della natura a temerarie speculazioni. Di mano in mano che, per l'influenza di grandi avvenimenti storici, tutte le scienze si sono sviluppate facendosi puntello dell'osservazione, si è veduto raffreddare pur anco l'ardore che spingeva a dedurre l'essenza delle cose e la loro connessità da costruzioni meramente ideali e da principii affatto razionali. In tempi a noi più vicini, la parte matematica della filosofia naturale fu quella soprattutto che ricevette un mirabile incremento. Il metodo e lo stromento (l'analisi) vennero perfezionati in una volta. Noi portiamo opinione che quello che fu conquistato con mezzi sì diversi, coll'applicazione ingegnosa di atomistiche supposizioni, con lo studio più generale e più intimo dei fenomeni, e col perfezionamento di nuovi apparecchi, sia il bene comune dell'umanità, e non debba, non più oggidì che presso gli antichi, essere sottratto alla libera azione del pensiero speculativo.

Non si potrebbe negare tuttavia che, nell'elaborazione del pensiero, i risultamenti della sperienza non abbiano avuto a correre più d'un rischio. Nella perpetua vicissitudine delle teoriche vedute, non è gran fatto da stupire, come dice spiritosamente l'autore di *Giordano Bruno* (30), « se i più degli uomini non vedano nella filosofia che una successione di meteore passeggere, e se le grandi forme ch'essa ha vestite partecipino della sorte delle comete, che il popolo non mette fra le opere eterne e permanenti della natura, ma tra le fuggitive apparizioni d'ignei vapori. » Affrettiamci d'aggiungere che l'abuso del pensiero e le fallaci vie nelle quali ei s'impiglia mal potrebbero autorizzare un'opinione che tenderebbe ad abbiettare l'intelligenza, cioè che il mondo delle idee non è di sua natura che un mondo di fantasmi e di sogni, e che le ricchezze accumulate in laboriose osservazioni hanno, nella filosofia, una potenza nemica che le minaccia. Non s'addice allo spirito che caratterizza il nostro tempo di rigettare con diffidenza ogni generalizzazione delle idee, ogni tentativo d'inviscerarsi nelle cose per la via del raziocinio e dell'induzione. Disconoscerebbe la dignità della umana natura e l'importanza relativa delle facoltà di cui siamo dotati chi condannasse, ora la ragione austera che si abbandona all'investigazione delle cause e del loro concatenamento, ora quel volo dell'imaginazione che prelude alle scoperte e le suscita con la sua potenza creatrice.

QUADRI DELLA NATURA.

VEDUTA GENERALE DEI FENOMENI (*)

Allorquando l'umano intelletto ardisce di voler dominare il mondo materiale, vale a dire il complesso dei fenomeni fisici, allorquando con ponderata considerazione di quanto esiste nella natura si sforza di penetrare la ricca pienezza della sua vita, e l'azione delle libere e delle infrenate potenze ond'essa è animata, si sente sollevato ad un'altezza dalla quale, nel dileguantesi lontano orizzonte, gl'individui oggetti più non gli appaiono se non distribuiti in forma di gruppi e come da una leggiera nebbia circonfusi. Questa figurata espressione è scelta per additare il punto di veduta da cui tentiamo di considerare l'universo e di rappresentarlo perspicuamente nelle due sue sfere, quella dei cieli e la terrestre. Noi non disconosciamo quanto arrischiata sia una simile impresa. Fra tutte le maniere di sposizione a cui questi

(*) L'assunto dei promessi confronti tra la versione francese ed il testo originale, a maggior guarentigia e fedeltà del nostro lavoro, dovrebbe aver qui il suo incominciamento, ove lo ha pure quella effettivamente. Se non che all'atto pratico, mutato consiglio, abbiamo creduto di provedere assai meglio al propostoci fine di rendere fedelmente i concetti dell'illustre autore, col tradurli a dirittura dall'originale stesso in cui sono dettati; ond'è che il presente lavoro dee riguardarsi assolutamente come versione dal tedesco.

fogli sono dedicati, il saggio d'un quadro generale della natura è tanto più difficile, quanto che, invece di limitarci alla rappresentazione d'una varietà ricca di forme, è nostro intendimento di ritrarre le grandi masse, emergano esse distinte nella realtà, o nella subiettiva sfera delle idee. Col separare o coordinare i fenomeni, col perscrutare l'intima azione delle arcane loro cause produttrici, coll'usare un linguaggio animato che ritragga come specchio fedele e veritiero la contemplata imagine delle cose, viene a noi fatta abilità di provarci ad abbracciare e descrivere il tutto (το παν) in quel modo che s'addice alla dignità nella magnifica parola *Cosmos*, quale universo, quale ordinamento dell'universo, quale ornamento dell'ordinato universo. Possa l'infinita varietà degli elementi di cui si compone il quadro della natura non nuocere a quell'armoniosa impressione di calma e d'unità, che è lo scopo supremo di qualsivoglia letterario od artistico lavoro!

Dalle profondità dello spazio occupato dalle nebulose più lontane, discenderemo per gradi a quella zona di stelle di cui il nostro sistema solare fa parte, allo sferoide terrestre col suo involucro di aria e di acqua, con la sua forma, temperatura e magnetica tensione, fino a quel rigoglio di vita cui l'azione fecondante della luce sviluppa alla sua superficie. Così delineato, un quadro del mondo presenta in pochi tratti gli spazii infiniti dei cieli, come pure i microscopici enti del regno organico che annidano nelle acque stagnanti o sulla friabile crosta delle rocce. La ricchezza d'osservazioni che uno studio severo della natura valse ad accumulare fino ai nostri giorni costituisce il materiale di una sì vasta rappresentazione, il cui precipuo carattere sarà quello di portare in sè stesso il documento della sua fedeltà.

Ma, giusta le condizioni statuite in questi prolegomeni, un quadro descrittivo della natura non potrebbe comprendere

le individualità staccate dall'insieme; nuocerebbe all'effetto generale il voler tutte enumerare le forme in cui la vita si rivela, tutti i fatti, i procedimenti tutti della natura. La tendenza a sminuzzare all'infinito la somma delle nostre cognizioni è uno scoglio che il filosofo dee saper evitare, onde non ismarrire nel tritume proprio d'un intemperante empirismo. D'altro canto, noi ignoriamo ancora una parte notevole delle proprietà della materia, o per usare un linguaggio più conforme alla naturale filosofia, ci rimangono a scoprire serie intere di fenomeni dipendenti da forze che per noi sono tuttodì un arcano; quindi è che il riconoscimento della rappresentazione unitaria della totalità dei fatti rimane ancora incompiuto. Laonde, nel seno stesso del diletto che inspira la schiera delle sue conquiste, la mente inquieta, mal paga del presente, cede quasi a disagio alla bramosia che pur la sospinge senza posa verso le regioni del sapere ancora inesplorate. Una tale bramosia annoda più saldamente il vincolo che unisce il regno delle cose al regno delle idee in virtù delle leggi supreme dell'intelligenza; essa vivifica la corrispondenza « fra quello che l'animo ritrae dal mondo esterno e quello che l'animo stesso emette dal suo profondo. »

E siccome la natura, compendio degli enti e dei fenomeni, rispetto a' suoi contorni ed al suo contenuto è illimitata, così ella è pure riguardo all'umana capacità affatto incomprensibile, e, nella cognizione dell'universale ed efficiente cooperazione di tutte le forze, un'insolubile problema. Tale confessione ben si conviene quando gli enti e le tramutazioni loro sono l'unico soggetto delle indagini immediate, e quando non si osa di uscire dalla via della sperienza, dalla severità del metodo induttivo. Che se anco falliscano gli sforzi incessanti di tutta abbracciare la natura, la storia delle teorie generali sul mondo, che abbiamo riserbata per un'altra parte dell'epoca, ci assenna come l'umanità nel

corso dei secoli sia giunta a poco a poco ad una cognizione parziale dei fenomeni nella relativa loro dipendenza. È debito nostro di passare in rassegna il sapere qual è ai dì nostri, a tenore della sua condizione e dei limiti suoi. Ora; in ogni cosa che nello spazio va soggetta a movimento e trasformazione, lo scopo finale è la *determinazione numerica dei valori medii.* Questi valori o numeri medii, che costituiscono l'espressione delle stesse fisiche leggi, ci rappresentano l'immutabilità nel perpetuo alternare dei fenomeni. Così, a mo' di esempio, il progresso della nuova misuratrice e ponderatrice fisica specialmente si addimostra per mezzo del conseguimento e della rettificazione dei valori numerici medii di certe grandezze; così, come una volta nell'italica scuola, benchè in più ampio significato, i numeri, soli e cognitissimi geroglifici segni rimasti nelle nostre scritture, costituiscono di nuovo per noi le potenze del *Cosmos.*

Il grave investigatore della natura ama la semplicità di tali numeriche relazioni, le quali esprimono le dimensioni del cielo visibile, la grandezza dei corpi celesti, le loro periodiche perturbazioni ed i tre elementi del magnetismo terrestre, dell' atmosferica pressione e della quantità di calore che il sole versa in ciascuna stagione dell' anno sopra ciascun punto dei nostri continenti e dei nostri mari. Ma di esse non va pago il poeta della natura, nè tampoco la moltitudine curiosa, a cui sembra oggidì che la scienza sia campo sfruttato, poichè rigetta come problematiche o come affatto insolubili cotante domande, alle quali altre volte si presumeva di poter dare risposta. È d' uopo confessarlo, sotto una forma più severa, entro limiti più augusti, la scienza va spoglia di quella seducente attrattiva dell'antica fisica, la quale co' suoi dogmi e co' suoi simboli riusciva ad affascinare la ragione ed a pascere la fantasia.

Assai tempo innanzi la scoperta del nuovo mondo, credeva-

si dalle Canarie e dalle Azzore di scorgere novelli paesi verso l'occidente. Un'illusione era quella prodotta, non dallo scherzo di una insolita rifrazione di luce, ma dall'ardore che ci tragge mai sempre a penetrare le cose tralontane. La naturale filosofia dei Greci, la fisica del medio evo ed anche quella delle età seguenti, presentano più d'un esempio analogo di quello illudersi della mente che si crea, per dir così, aerei fantasmi; si direbbe che dai confini del nostro sapere, come dall'alta spiaggia d'un'isola, lo sguardo irrequieto spazia volentieri in lontane regioni; poi la tendenza al maraviglioso e allo straordinario, presta una forma determinata a qualsiasi prodotto di una creazione ideale, ed il dominio della fantasia, maravigliosa regione di cosmologici, geognostici e magnetici sogni, va così costantemente invadendo il dominio della realtà.

La natura, nel moltiplice significato della parola, o considerar si voglia come il complesso degli esseri e dei loro svolgimenti successivi, o pure come l'intima forza generatrice del movimento, o come l'archetipo misterioso dei fenomeni tutti, si manifesta sempre ai sensi dell'uomo, più che in altro modo, sotto sembianza di cose terrestre ed a lui collegata. Noi non riconosciamo anzi la nostra patria se non là dove ha incominciamento il regno della vita organica; ivi l'imagine della natura si affaccia più viva all'animo nostro dove il grembo della terra s'ammanta di fiori e di frutti, e d'innumerevoli generazioni d'animali è nutrice. Lo sfolgorante padiglione degli astri e l'immensità degli spazii celesti formano un quadro in cui la grandezza delle masse, il numero dei soli diversamente aggruppati, le pallide nebulose stesse eccitano il nostro stupore o la nostra ammirazione; ma noi ci sentiamo estranei a quei mondi nei quali regna una solitudine apparente, e che non possono destare l'impressione immediata per la quale la vita organica si congiunge alla terra.

Laonde, giusta anche le più antiche fisiche dottrine, ebbesi sempre a separare il cielo dalla terra come in due regioni dallo spazio divise, l'una superiore, l'altra inferiore. Se dunque un quadro della natura dovesse contentare le sole esigenze di una materiale contemplazione, sarebbe mestieri esordire dal suolo stesso che ci sostiene, descrivere il globo terrestre, la sua forma e le sue dimensioni, la sua densità e la sua temperatura ognora più crescenti verso il centro; separare gli strati sovrapposti, sì fluidi, che solidi, distinguere i continenti dai mari, dipingere la vita che si svolge negli uni e negli altri come tessuto cellulare dei vegetabili e degli animali, e il fluttuante dalle correnti agitato oceano aereo, dall'imo del quale sorgono simili a scogli e bassi fondi catene di montagne coronate di foreste. Dopo questo quadro di cui il nostro globo solo somministrato avrebbe le linee tutte, lo sguardo si innalzerebbe verso gli spazii celesti, e la terra, campo ormai ben conosciuto del processo costitutivo degli organismi, più non verrebbe allora considerata se non come pianeta, ed entrerebbe nella schiera degli altri globi roteanti com' essa intorno ad uno degl' innumerevoli astri splendidi di propria luce. Questa serie d'idee addita la via delle prime teorie che presero le loro mosse dalla materiale contemplazione, e ci ricorda quasi quell' antico concetto di una terra « circonfusa dalle acque e sorreggente la vôlta del cielo ; » essa move dal punto stesso dell'osservazione, dal noto e vicino all' ignoto e lontano; essa è correlativa sotto l'aspetto matematico al commendevole metodo delle nostre astronomiche teorie, il quale passa dai moti apparenti ai moti reali dei corpi celesti.

Ma quando si tratta di esporre quanto finora è conosciuto, così quello che nel presente stato della nostra scienza si può tenere per determinato e positivo, come quello che si può più o meno tenere per probabile, senza obbligo alcuno di somministrare le prove degli ottenuti risultamenti, è uo-

po preferire un ordine d'idee affatto differente, e non si dee più partire da un punto di veduta subiettivo, dall'umano interesse. La terra non deve più apparire se non come una frazione del tutto ed a questo subordinata. La contemplazione della natura vuol essere generale, grande, libera, indipendente da motivi di contiguità, da propensioni di parzialità, da utilità relative. Una fisica descrizione, un quadro del mondo non dee dunque aver principio dalla terra, sì bene da ciò che riempie gli spazii del cielo; ma di mano in mano che le sfere dallo sguardo abbracciate si restringono di spazio, s'aumenta l'individuale ricchezza del discernibile, la copia delle fisiche apparenze, la conoscenza delle proprietà specifiche della materia. Da quelle regioni dunque di cui la legge della gravitazione è la sola potenza che ci sia conosciuta, discenderemo al nostro pianeta e all'azione complicata delle sue forze vitali. Così fatto metodo di descrivere la natura è al tutto contrario di quello che somministra i materiali; il primo enumera ciò che il secondo dimostra.

Per mezzo de' suoi organi, l'uomo si mette in relazione col mondo esterno; l'esistenza della materia ne' più remoti spazii del cielo n'è rivelata dai fenomeni luminosi; quindi l'occhio è l'organo della contemplazione dell'universo, e la scoperta della telescopica visione ha già da due secoli e mezzo dotato le più tarde generazioni di una potenza di cui s'ignorano ancora i confini.

La prima è la più generale tra le considerazioni costituenti la scienza del *Cosmos*, è quella di ciò ch'è contenuto negli spazii mondiali, la contemplazione dello scompartimento della materia, o del creato, per adoperare il termine con chi si suol dinotare l'essere e la sua tramutazione. Ed anzi tutto la materia ci apparisce parte condensata in roteanti e circolanti globi di grandezze e di densità le più diverse,

parte disseminata in forma di vapore e rilucente di per sè come nebbia luminosa.

Considerando noi in primo luogo le macchie nebulose, questo cosmico vapore in determinate forme scompartito, esso non apparisce in continuo mutamento del suo stato d'aggregazione. Allorchè hanno scarse dimensioni apparenti, coteste nebulose presentano l'aspetto di piccoli dischi rotondi od ellittici, sia isolati, sia appaiati ed uniti talvolta da un tenue filetto di luce; in diametri più grandi, la materia nebulosa assume svariati aspetti, protendesi in luogo, o in più rami si frange, qual ventaglio si foggia od affilato anello a centro oscuro. Tali nebulose si reputano soggette a graduali mutazioni di forma secondo che la materia, obbedendo alle leggi dell'attrazione, si condensa intorno ad uno od a più centri: circa 2500 di queste indecomponibili nebulose nelle quali i più potenti telescopii nessuna stella ravvisano, sono già numerate e determinate nella loro locale posizione.

Al cospetto di tale genesico svolgimento, di tali formazioni perpetuamente progressive, in cui questa parte degli spazii celesti apparisce compresa, il sagace osservatore ha potuto stabilire un'analogia tra questi grandi fenomeni e quelli della vita organica: nella stessa guisa che vediamo nelle nostre foreste la medesima simultanea vegetazione in tutti i gradi del crescimento, e da questo aspetto, da questa coesistenza attingiamo l'impressione d'un progrediente svilupparsi di vita, ci e dato riconoscere del pari nell'immensità dei campi celesti i diversi stadii di una graduale e lenta formazione degli astri. La condensazione progressiva, insegnata da Anassimene e da tutta la ionica scuola, sembra come continuare qui sotto gli occhi nostri. Un tale subietto di divinazione e d'investigazioni è d'un possente allettamento per la fantasia (31). Ciò che nella sfera della vita ed in tutte le intime forze motrici dell'universo ineffabilmente ci cattiva,

non è tanto la cognizione dell'ente formato, quanto quella del suo formarsi, ancorchè questo formarsi altro non fosse che un nuovo tramutamento della materia che già ci sta dinanzi; imperocchè dell'atto stesso del creare, come trapasso dal non essere all'essere, come origine d'azione, nè l'esperienza nè il raziocinio sanno darci veruna idea.

Non solamente mercè la comparazione de' varii momenti di sviluppamento, in cui queste macchie nebulose si mostrano più o meno addensate verso i loro centri, ma la mercè altresì di immediate e successive osservazioni si è creduto di notare effettivi mutamenti di forma prima nella nebulosa d'Andromeda, poi in quella della nave Argo e nella filamentosa isolata parte della nebulosa d'Orione; ma l'ineguaglianza di forza di luce negli adoperati stromenti, la variazione della nostra atmosfera, ed altre ottiche circostanze fanno sorgere un legittimo dubbio sopra una parte di tali risultamenti in quanto a vera storica certezza.

Nè le *macchie nebulose* propriamente dette, di forme sì svariate, di regioni sì inegualmente splendenti, e la cui materia, di continuo ristretta in uno spazio minore, da ultimo si condenserà forse in stelle, nè le *nebulose planetarie* che emettono, da tutti i punti dei loro dischi alquanto ovali, una mite luce perfettamente uniforme, vogliono punto essere confuse con le *stelle nebulose*. Qui non si proiettano a caso stelle sopra lontani nebulosi fondi; no, la materia fosforescente, la nebulosità forma tutta una massa con le stelle ch'essa circonda. A giudicare dal loro diametro apparente, spesso molto ragguardevole, e dalla distanza in cui brillano, queste due varietà, le nebulose planetarie e le stelle nebulose, deggiono avere smisurate dimensioni. Recenti e sottili investigazioni intorno al molto vario influsso della lontananza sull'intensità della luce di un disco di diametro valutabile o d'un punto isolato lucente da sè, rendono assai probabile che le nebulose planetarie al-

tro non sieno se non lontanissime stelle nebulose, nelle quali la diversità fra la stella centrale ed il vaporoso suo involucro passa ancora inavvertita alla telescopica visione.

Le magnifiche zone del cielo australe comprese tra i paralleli del 50.° e del 80.° grado sono le più ricche di stelle nebulose e di ammassi d'irreducibili nebulosità. Delle due magellaniche nubi che girano intorno al polo australe, polo sì deserto di stelle, la maggiore sopra tutte sembra essere, giusta recenti indagini (32), « una meravigliosa agglomerazione di sferici ammassi di stelle più o meno grandi e di nebulose irreducibili, il cui generale splendore illumina il campo della visione e presenta come lo sfondo del quadro. » L'aspetto di tali nubi, la brillante costellazione della nave Argo, la via lattea, che si stende tra lo Scorpione, il Centauro e la Croce, e l'aspetto sì pittoresco di tutto il cielo australe, hanno lasciato sull'animo mio una indelebile impressione.

La luce zodiacale che s'innalza a guisa di piramide, ed il cui mite splendore fa l'eterno ornamento delle notti tropicali, è probabilmente una grande nebulosa annulare che gira tra le due orbite di Marte e della Terra, od è, benchè con minore verosimiglianza, lo strato più esterno dell'atmosfera stessa del Sole. Oltre queste nebulosità, queste nubi luminose di forme determinate, esatte e sempre concordi osservazioni inducono a stabilire altresì l'esistenza e l'universale diffusione di una infinitamente sottile materia, priva forse di luce propria, la quale, opponendo resistenza, si manifesta nella cometa di Enke (e fors'anche in quelle di Biela e di Faye), per la diminuzione dell'eccentricità e l'accorciamento del tempo di rivoluzione. Questa resistente eterea e cosmica materia può credersi come animata di movimento, non ostante la sua originaria tenuità come gravitante, condensata in vicinanza dell'enorme massa del sole, e da miriadi di anni come aumentata del vapore defluente dalle code delle comete.

Passando noi ora dalla vaporosa materia degli spazii infiniti dei cieli (ουρανοῦ χόρτος) (33), o si distenda informe e sconfinata, come una specie di etere cosmico, o sia condensata in nebulose, alla parte solida dell'universo, vale a dire alla materia addensata in globi, ci appare una classe di fenomeni, la quale esclusivamente si contrassegna col nome di costellazioni o di mondo degli astri. Qui pure troviamo diversi gradi di solidità o densità nella conglobata materia, ed il nostro sistema solare presenta tutti i termini della media densità (della relazione del volume alla massa). Quando si paragonano i pianeti da Mercurio sino a Marte col Sole e con Giove, indi questi due ultimi astri con Saturno meno denso ancora, si arriva a destar l'idea di terrestri sostanze in decrescente scala, dalla densità dell'antimonio metallico a quella del mele, dell'acqua e dell'abete. Nelle comete, le quali costituiscono la porzione più grossa delle individualizzate naturali forme del nostro sistema solare, fin anche la più compatta parte che appellasi testa o nucleo è di sì debole densità che la luce delle stelle la traversa senza punto venirne ritratta. Nessuna cometa arriva forse alla cinquemillesima parte della massa della terra. Tanto differenti si appresentano i processi della formazione nella primordiale e forse progrediente conglobazione della materia! Uscendo noi dall'universale, era necessario di notar qui di preferenza una tale diversità non come un possibile risultamento, ma come un fatto reale che ha luogo negli spazii del creato.

Ciò che Wright, Kant e Lambert dall'universale ordinamento della macchina del mondo e dagli scompartimenti della materia negli spazii ebbero per forza di raziocinio a presentire, ricevette da Guglielmo Herschel una più solida base, quella delle osservazioni e delle misure. Questo grande uomo, sì animoso e sì prudente ad un tempo nelle sue investigazioni, fu il primo che osò scandagliare la profondità dei

cieli per determinare i limiti e la forma dello strato isolato di stelle che noi abitiamo; tentò primiero di chiarire le relazioni di posizione e di distanza delle nebulose più lontane rispetto alla nostra zona stellare. Egli ha, come dice la bella sua scritta sepolcrale a Upton, spezzato le barriere dei cieli: *Caelorum perrupit claustra;* del pari che Colombo, penetrò in un incognito oceano di mondi, scoprendo coste ed arcipelaghi di cui rimane ai secoli avvenire la cura di determinare l'esatta posizione.

Osservazioni fatte sulla varia intensità di luce delle stelle e sul relativo loro numero, cioè sulla loro numerica rarità od accumulazione in telescopici campi della medesima ampiezza, hanno porto appoggio all'ipotesi che negli strati da quelle formanti sia inegualità di distanze e di scompartimenti nello spazio. Queste supposizioni però in quanto al dedurne una limitazione delle singole parti della gran macchina mondiale, non possono certamente offrire quel medesimo grado di matematica sicurezza a cui si pervenne in tutto che concerne il nostro sistema solare, il roteare delle stelle doppie con ineguale celerità intorno ad un punto comune di gravità, l'apparente od effettivo muoversi di tutte le costellazioni. Quando la fisica descrizione dell'universo ha incominciamento dalle più lontane nebulose, sorge l'idea di ragguagliarla alla parte mitica della storia. E questa e quella disciplina risalgono agl'incerti crepuscoli dei più remoti tempi, come d'uno spazio inarrivabile; e dove la realtà minaccia di svanire, ivi la fantasia è tratta in ambo i casi a creare alcun che del proprio, e a dare agli indeterminati e sfuggevoli simulacri un carattere di forma e di durata.

Ove si paragoni lo spazio mondiale ad un arcipelago del nostro pianeta, la materia si può figurare ripartita in gruppi; parte in nebulose irreducibili e varie d'età, condensate intorno ad uno o più centri, parte già conglobata in accumulate

stelle od isolate sporadi. L'ammasso di stelle a cui non apparteniamo, e che può nomarsi un'isola nell'universo, costituisce uno schiacciato, lentiforme, solitario strato, il cui asse maggiore si computa da sette ad ottocento volte la distanza di Sirio e centocinquanta il minore. Supposto che la parallasse di Sirio non oltrepassi quella esattamente determinata della più brillante stella del Centauro (0", 9128), la luce percorrerebbe una distanza di Sirio in tre anni; secondo poi gli egregii precedenti lavori di Bessel sulla parallasse della notabile 61.ª stella del Cigno (0", 3483) (34), il cui ragguardevole proprio movimento ha lasciato supporre una grande vicinanza, ne consegue che da quest'astro la luce non giunge fino a noi se non dopo nove anni ed un quarto. Il nostro sidereo strato, disco di minore spessezza, è pur un terzo in due rami partito; vuolsi che noi stiamo vicino a questa divisione, più presso alla regione di Sirio che alla costellazione dell'Aquila, quasi nel mezzo della solida dilatazione dello strato, verso la sua densità od asse minore.

Questo sito del nostro sistema solare e la configurazione dell'intero ammasso lenticolare si desumono dalla stazatura delle stelle, vale a dire dalle enumerazioni di quelle stelle di cui facemmo parola di sopra, e le quali si riferiscono ad uguali grandi scompartimenti nel campo visuale del telescopio. La crescente e scemante copia di stelle vi misura la profondità dello strato, secondo le varie direzioni. Così tali stazature danno la lunghezza del raggio visuale, quasi la lunghezza a volta per volta del gittato scandaglio, quando esso deve giungere al fondo del sidereo strato, o, più rettamente parlando, poichè ivi non ha alto nè basso, al limite esteriore. Nella direzione dell'asse longitudinale là dove le più delle stelle giaciono l'une dietro l'altre, l'occhio vede le più estreme fittamente costipate, come raccolte in un latteo splendore (vapore luminoso), e sull'apparente vôlta celeste, in una fascia che interamente la cir-

conda, prospettivamente schierate. Questa stretta e diramata zona, il cui magnifico ma però ineguale splendore è da oscuri spazii interrotto, devia nella concava sfera solo di pochi gradi da un cerchio massimo, perchè noi ci troviamo prossimi al mezzo dell'interno cumulo di stelle e quasi nel piano stesso della vita lattea. Se il nostro sistema planetario se ne stesse lontano al di fuori di cotesto cumulo di stelle, la via lattea s'appresenterebbe alla telescopica visione in sembianza d'anello; ad una distanza ancora maggiore, apparirebbe come una nebulosa irreducibile foggiata a disco.

Fra i molti per sè fulgidi locomoventisi Soli, erroneamente detti fissi, i quali costituiscono la nostra isola nell'oceano mondiale, il nostro Sole è l'unico che noi per effettive osservazioni conosciamo qual corpo centrale in relazione con la conglobata materia a varie forme di pianeti, comete ed aereolitici asteroidi, la quale da lui immediatamente dipende ed a lui d'intorno si rivolge. Nelle molteplici stelle, doppii soli o doppie stelle, per quanto fin ora sieno scandagliate, non domina la medesima planetaria dipendenza dei fenomeni di movimento e di luce, che caratterizzano il nostro sistema. Due o più fulgide stelle di cui i pianeti e le lune, caso che esistano, sfuggono per ora alla nostra telescopica facoltà visiva, s'aggirano certamente anche colà intorno ad un comune centro di gravità; però questo centro di gravità cade in uno spazio ripieno forse di non conglobata materia (vapore mondiale), mentre al nostro sistema solare esso è sovente contenuto nel limite più interno di un visibile corpo centrale. Ove si consideri il Sole e la Terra o la Terra e la Luna come doppie stelle, e il nostro sistema solare come un moltiplice gruppo stellare, l'analogia ricordata da una tale denominazione si estende soltanto ai movimenti che appartengono al sistema d'attrazione di vario ordine, indipendenti affatto dai processi della luce e dal modo dell'irradiazione.

Secondo questa generalità di cosmiche vedute, in consonanza al disegno d'un quadro della natura, o del mondo, si può ora considerare il sistema solare, a cui la Terra appartiene sotto un duplice aspetto: primamente in riguardo alle varie classi della individualizzata e conglobata materia, alla grandezza, configurazione, densità e distanza dei corpi mondiali dello stesso sistema; poscia in riguardo alle altre parti del nostro cumulo stellare, al mutar di luogo che fa il Sole entro la medesima zona.

Il sistema solare, cioè la variamente conformata materia circolante intorno al Sole, secondo le attuali nostre cognizioni si compone di undici pianeti principali, di diciotto lune o pianeti accedenti, e di miriadi di comete, di cui tre, planetarie, rimangono sempre nei limiti angusti del dominio dei pianeti principali. Possiamo ancora con non poca verosimiglianza aggiungere al dominio del nostro Sole, della sfera immediata della sua forza centrale, primieramente un roteante anello di vaporosa materia, probabilmente situato tra l'orbita di Marte e quella di Venere, certo oltrepassante l'orbita della Terra (35) ed apparente a noi in forma di piramide sotto il nome di luce zodiacale; in secondo luogo una moltitudine di piccolissimi asteroidi, le cui, orbite tagliano quella della Terra o se ne scostano assai poco, e presentano i fenomeni di stelle cadenti e di aeroliti. Allorchè si considerano formazioni sì complesse, che in così diverse orbite più o meno eccentriche girano intorno al Sole, anzi che ritenere coll'immortale autore della *Meccanica celeste* che il maggior numero delle comete sieno nebulose erranti da un sistema centrale all'altro (36), è uopo confessare che il sistema di preferenza detto planetario, vale a dire il gruppo dei corpi mondiali che in piccole eccentriche orbite insieme col loro corteo di lune girano intorno al Sole, non costituisce che una scarsissima parte del sistema totale, se si ha riguardo al numero e non alle masse.

I telescopici pianeti Vesta, Giunone, Cerere e Pallade con le loro orbite sì intrecciate, sì fortemente inclinate e più eccentriche, si vollero considerare come un zona di separazione nello spazio rispetto al nostro sistema planetario, come una specie di gruppo intermedio. Secondo questa veduta, l'interno gruppo dei pianeti, Mercurio, Venere, la Terra, Marte in confronto dell'esterno, Giove, Saturno, Urano (37), presenta i più spiccati contrasti. I pianeti interni, più vicini al Sole, sono di moderata grandezza, di densità maggiore, girano bastantemente uguali e lenti (in 24 ore circa); sono meno schiacciati, e in oltre, tranne la Terra, sproveduti di lune. Gli esterni più lontani dal Sole sono enormemente più grossi, cinque volte meno densi, nella rotazione intorno al loro proprio asse meglio che due volte più ratti, schiacciati più assai, e più ricchi di satelliti nella proporzione di 17 a 1, se veramente di sei ha corteggio Urano.

Queste generali considerazioni sopra certe caratteristiche proprietà d'interi gruppi non si possono però applicare con pari aggiustatezza ai singoli pianeti di cadaun gruppo, nè alla relazione della distanza dal corpo centrale con la grandezza assoluta, la densità il tempo di rotazione, l'eccentricità, l'inclinazione delle orbite e degli assi in tali corpi roteanti. Non ci è nota finora alcuna intima necessità, alcuna meccanica legge di natura la quale (come la bella legge che lega i quadrati dei tempi di rotazione ai cubi degli assi maggiori) renda i nominati sei elementi dei corpi planetarii e della forma delle loro orbite sia gli uni dagli altri, sia delle medie distanze similmente dipendenti. Marte il più distante dal Sole e men grande di Venere e della Terra, e, fra tutti i più grandi pianeti anticamente conosciuti, a Mercurio, men lontano dal Sole, nel diametro più conforme; Saturno è minore di Giove e ciò non ostante assai maggiore di Urano. La zona dei telescopici pianeti, di volume sì poco significante, giace

in una sequela di distanze che ha dal Sole inizio, immediatamente prima di Giove, il più potente di tutti i planetarii corpi mondiali; e nulladimeno i più di questi minori asteroidi; i cui dischi sono poco misurabili, hanno appena la metà più di superficie di Francia, Madagascar o Borneo. Per quanto destar possa maraviglia l'estremamente minima densità di tutti i colossali pianeti che giaciono alla maggior distanza dal Sole, talvolta non venne fatto per anche di riconoscervi alcuna regolare progressione (38). Urano apparisce ancora più denso di Saturno quando pure si ammetta la minima sua massa calcolata da Lamont 1/24605 ; e non ostante le poco considerevoli differenze di densità dell' interno gruppo planetario (39); noi troviamo tuttavia, da ambo i lati della Terra, Venere e Marte di lei stessa meno densi. Il tempo di rotazione incontrastabilmente decresce con la distanza del Sole; pure esso è maggiore per Marte che per la Terra, maggiore in Saturno che in Giove. La più forte eccentricità tra tutti i pianeti appartiene alle orbite ellittiche di Giunone, di Pallade e di Mercurio, la minore a quelle di Venere e della Terra, due pianeti che si seguono l' un l' altro immediatamente. Mercurio e Venere presentano dunque il medesimo contrasto che si osserva nei quattro asteroidi strettamente nelle loro orbite intrecciate. Le eccentricità cotanto simili fra loro di Giunone e di Pallade sono tre volte più forti chè quelle di Cerere e di Vesta. Lo stesso avviene con l' inclinazione delle orbite dei pianeti sopra il piano di proiezione dell' eclittica e con la posizione degli assi di rotazione verso le orbite rispettive, posizione dalla quale, più ancora che dall' eccentricità, dipendono le relazioni del clima, delle stagioni e la lunghezza dei giorni. I pianeti i quali presentano la ellittica orbita più allungata, Giunone, Pallade e Mercurio, hanno pure, ma non in uguale proporzione, le più forti inclinazioni delle orbite sopra l' eclittica. Quella di Pallade partecipa di quelle delle

comete, quasi ventisei volte maggiore dell'inclinazione di Giove, mentre quella della piccola Vesta, cotanto a Pallade vicina, eccede appena sei volte l'angolo d'inclinazione dell'orbita dello stesso Giove. Le posizioni degli assi dei pochi pianeti (da 4 a 5), i cui piani di rotazione noi conosciamo con qualche sicurezza, non presentano del pari alcuna regolare progressione. A giudicare dalla posizione dei satelliti di Urano, due dei quali (il secondo ed il quarto) di recente furono con certezza di nuovo veduti, l'asse d'ogni esterno pianeta è forse appena 11° sopra la sua orbita inclinato ; e Saturno si trova fra mezzo a Giove, il cui asse di rotazione è quasi perpendicolare, ed Urano, in cui l'asse quasi coll'orbita coincide.

Il mondo delle formazioni in questa sposizione delle relazioni di spazio è figurato come alcun che di effettivo, come una esistenza reale in natura non come obietto d'intellettiva contemplazione dell'intimo concatenamento nell'origine sua perscrutato. Il planetario sistema nelle sue relazioni di grandezza assoluta e relativa posizione degli assi, di densità, tempo di rotazione e differenza di gradi nell'eccentricità delle orbite, non ha per noi più naturale necessità che non ne abbia lo scompartimento della massa delle acque e delle terre sulla superficie del nostro globo, il contorno dei continenti o l'altezza delle catene dei monti. Nessuna legge universale si trova sotto questo aspetto negli spazii del cielo o nelle inegualità della crosta terrestre. Fatti della natura sono questi emersi dal conflitto di moltiplici forze che una volta operarono sotto condizioni sconosciute. Accidentale pertanto apparisce all'uomo nella formazione dei pianeti ciò tutto di cui egli non vale a chiarire la genesi. Ammettendo che di singoli gazeiformi anelli roteanti intorno al Sole siensi composti i pianeti, le varie grossezze, le ineguali densità, la temperatura e l'elettro-magnetica tensione di questi anelli possono aver dato causa alle più diverse configurazioni della coglo-

bata materia, nella stessa guisa che il modo dalla velocità di proiezione e piccole deviazioni nella direzione dei movimenti alle più svariate forme ed inclinazioni delle ellittiche orbitali. Attrazioni di masse e leggi di gravità operarono qui per fermo alla stessa guisa che nelle geognostiche relazioni dei continentali sollevamenti; ma dalle presenti forme delle cose non si può argomentare l'intera serie delle condizioni ch'esse hanno fin dalla loro origine percorso. Anche la così detta legge delle distanze dei pianeti del Sole, quella catena dal cui mancante anello Keplero già presagiva l'esistenza d'un pianeta colmante il vacuo tra Marte e Giove, e numericamente inesatta per gl'intervalli tra Mercurio, Venere e la Terra, ed a cagione del dover supporre un primo termine trovasi ripugnante all'idea d'una serie.

Gli undici fino ad ora scoperti pianeti principali roteanti intorno al nostro Sole trovansi certo da quattordici e verosimilmente da diciotto accedenti pianeti (luce, satelliti) circondati; ond'è ch'e'sono alla lor volta corpi centrali d'un subordinato sistema. Noi qui riconosciamo nel mondiale edifizio pressochè il medesimo formativo processo che a noi sì spesso presenta lo svilupparsi dell'organica vita, fra i moltiplici e d'ogni fatta gruppi di animali e di piante, nella tipica riproduzione di forma delle sfere subalterne. I pianeti secondarii o lune abbondano nella esterna regione del planetario sistema, al di là delle fra loro intrecciate orbite de'così nomati piccoli pianeti. Al di qua i pianeti sono tutti privi di lune, tranne la sola Terra, il cui satellite è comparativamente grandissimo, poichè il suo diametro ammonta al quarto di quello di lei, mentre il più grande di tutti i satelliti conosciuti, la sesta luna di Saturno, è forse 1/17, ed il più grande di tutti i satelliti di Giove, il terzo in ordine al diametro, è solamente 1/26 del suo pianeta o corpo centrale. I pianeti più ricchi di lune si trovano fra i più lontani, i qua-

li in pari tempo sono i più grandi, i meno compatti ed i più schiacciati. Secondo le recenti misure di Mädler, Urano ha di tutti i planetarii schiacciamenti il maggiore, 1/9,92. Fra la Terra e la sua luna (40), la cui media distanza dall'una all'altra ascende a 38,400 miriametri (51,800 miglia geografiche), il divario della massa e del diametro d'ambo i mondiali corpi è assai minore che non siam soliti altronde di riscontrare tra i principali ed accedenti pianeti e corpi di vario ordine nel sistema solare. Mentre la densità del satellite della Terra è 5/9 minore di quella della Terra stessa, sembra, ove si possa prestare fede bastante alle determinazioni delle grandezze e delle masse, che fra le lune che accompagnano Giove, la seconda sia più densa del suo pianeta centrale.

Dei quattordici satelliti, le cui relazioni vennero con qualche certezza stabilite, il sistema delle sette lune di Saturno presenta l'esempio dei più spiccati contrasti nell'assoluta grandezza e nella distanza dal pianeta principale. Il sesto satellite di Saturno non è probabilmente gran che minore di Marte, mentre il satellite della nostra Terra ha soltanto la metà per l'appunto del diametro di quel pianeta. La terra e più fulgida tra le lune di Giove tien dietro, in ordine al volume, ai due più esterni satelliti di Saturno, il sesto ed il settimo. Per lo contrario i due più interni di Saturno, che Guglielmo Herschel scoperse mediante un telescopio di quaranta piedi nel 1789, riveduti poi da Giovanni Herschel al Capo di Buona Speranza, da Vico a Roma e da Lamont a Monaco, appartengono forse insieme alle così lontane lune di Urano ai più piccoli mondiali corpi del nostro sistema solare, a discernere i quali occorre potenza grande di telescopii e soprattutto favore di circostanze. Tutte le determinazioni del vero diametro dei satelliti, la deduzione loro dalle misure dell'apparente grandezza di sì piccoli dischi, vanno soggette a molte ottiche difficoltà; e la calcolatrice astronomia, che i movimenti

dei corpi celesti determina antecipatamente per via di numeri quali a noi si presentano nel nostro punto d'osservazione in terra, grandissimo del moto e della massa, poco del volume loro si piglia pensiero.

La distanza assoluta di una luna dal suo pianeta principale è massima nel più esterno o settimo satellite di Saturno; essa oltrepassa un terzo di milione di miriametri, il decuplo di quella dalla Luna alla Terra. Da Giove il più esterno satellite, il quarto, è lontano soli 193,000 miriametri; da Urano però il suo sesto satellite, dato ch'e' sia, dista 252,000 miriametri. Paragonando in ciascuno di questi subalterni sistemi il volume del pianeta principale con la distanza dell'orbita più esterna, in cui si è formata una luna, s'appresentano relazioni numeriche totalmente differenti. Le distanze degli ultimi satelliti di Urano, Saturno e Giove, espresse in semidiametri del pianeta principale, sono come 91, 64 e 27: allora il più esterno satellite di Saturno apparisce d'un minimo (1/15) appena più lontano dal centro di esso Saturno che non è la Luna dalla Terra. Il satellite più vicino ad un pianeta principale è senza dubbio il primo o più interno di quelli di Saturno, il quale offre inoltre l'unico esempio d'una rivoluzione compiuta in meno di ventiquattr'ore. La sua distanza dal centro del pianeta espressa in semidiametri di Saturno, importa, secondo Mädler e Beer, 2,47, o sia 14837 miriametri: contandola dalla superficie dello stesso pianeta, può quindi ascendere a soli 8808 miriametri, e da soli 912 dall'orlo più esterno dell'anello. Un viaggiatore può farsi di leggieri un'idea di sì piccola lontananza ove ricordi l'asserzione d'un ardito navigatore, il capitano Beechey, il quale racconta d'avere percorso 18,200 miglia geografiche (13500 miriametri) in tre anni. Qualora poi invece delle distanze assolute si adoperano per misura i semidiametri dei pianeti centrali, si trova che anche la prima o più vicina

luna di Giove, la quale dal centro del pianeta dista 4800 miriametri più che la Luna dalla Terra, si dilunga dal centro del suo pianeta principale soltanto sei semidiametri di Giove, mentre la Luna è da noi lontana 60 1/3 raggi terrestri.

Del rimanente, nei sistemi subalterni dei satelliti o pianeti accedenti, si riverberano, secondo le loro relazioni tanto col pianeta principale quanto fra essi, tutte le leggi d'attrazione le quali governano i pianeti circolanti intorno al Sole. I dodici satelliti di Saturno, di Giove e della Terra si movono tutti, come i pianeti principali, d'occidente in oriente, ed in orbite ellittiche, le quali si scostano assai poco dalla forma circolare. Soltanto la nostra Luna e probabilmente il primo e più interno satellite di Saturno hanno un'eccentricità (0,068) più grande che quella di Giove; ed il sesto satellite di Saturno, così accuratamente osservato da Bessel, supera (0,029) l'eccentricità della Terra. Agli estremi confini dei sistemi planetarii, dove la forza centrale del Sole a 19 distanze dalla Terra è già notevolmente scemata, il sistema delle lune di Urano, per verità ancora poco scrutato, presenta i più spiccati contrasti. Mentre tutte le altre lune, come le orbite dei pianeti, sono poco inclinate verso l'eclittica, e si movono da occidente in oriente, non eccettuati gli anelli di Saturno (quasi fusi insieme od indivisi satelliti), quelle d'Urano stannosi quasi perpendicolari all'eclittica, movendosi però come da Giovanui Herschel fu per molte annuali osservazioni confermato, in verso retrogrado, da oriente ad occidente. Se i pianeti ed i satelliti loro formati vennero dalla condensazione delle primitive atmosfere solare e planetarie in roteanti vaporosi anelli, è mestieri che quel contrario moto di rotazione riguardo al secondo ed al quarto satellite d'Urano sia l'effetto di singolari ed a noi ignote relazioni di ritardo e di reazione che hanno fin dall'origine agito nei vaporosi anelli del medesimo pianeta.

In tutti gli accedenti pianeti è probabilissima cosa che il periodo di rotazione sia uguale al periodo di rivoluzione intorno al pianeta principale, per modo che rivolgano sempre a quest'ultimo la stessa faccia. Però da disuguaglianze dipendenti da lievi alterazioni nella rivoluzione nascono oscillazioni di sei fino ad otto gradi (una liberazione apparente) tanto in longitudine quanto in latitudine. Così noi vediamo, per esempio, ad ora ad ora nella Luna più che la metà della sua superficie, talvolta alcun che più delle sue regioni nordiche ed orientali, tal altra alcun che più delle occidentali e meridiane. Per mezzo della librazione ci si rendono più apparenti gli annulari monti Malapert che spesso ascendono il polo meridionale della Luna, l'artica regione intorno al cratere Gioia, con la vasta grigia pianura vicina ad Endimione, la quale in area supera il *Mare Vaporum* (41). Tuttavia, 3/7 circa dalla superficie intera rimangono e, a meno che nuove imprevisibili perturbatrici potenze non intervengano, rimarranno sempre ai nostri sguardi nascoste. Queste cosmiche relazioni richiamano, senza volerlo, la mente ad alcun che di simile nel mondo intellettuale alle creazioni del pensiero, quand'ei s'aggira nella sfera delle profonde investigazioni intorno le arcane officine della natura e le effettrici forze primigenie; regioni colà sono che appariscono inaccessibili, delle quali, da migliaia d'anni, all'umana stirpe, di tempo in tempo, ora in veritieri, ora in ingannevoli bagliori si è un tenue lembo appresentato.

Noi finora abbiamo considerato come prodotti d'una centrifuga forza e per lo stretto vincolo di reciproca attrazione l'uno all'altro collegati, i pianeti centrali, i loro satelliti, ed i concentrici anelli in forma d'arco, che appartengono ad uno dei minori pianeti più esterni. Ci rimane ancora, fra que'corpi centrali intorno al Sole in particolari orbite circolanti e da lui splendenti, a dichiarare l'innumerevole sciame

delle comete. Quando, secondo le regole del calcolo delle probabilità, si pondera l'equabile ripartizione delle loro orbite, i limiti de' loro perielii (massima vicinanza al Sole) e la possibilità delle loro occultazioni per gli abitatori della Terra, si riscontra un numero tale di miriadi, che fa meravigliare la più potente imaginazione. Keplero già diceva con quella vivacità d'espressione tutta sua: « essere più comete negli spazii del cielo, che pesci nelle profondità dell' oceano ». Tuttavia le annoverate orbite sono ancora 150 appena, mentre il numero delle comete sopra l'apparizione e la scorsa delle quali a traverso di cognite costellazioni si ha più o meno all'indigrosso contezza, può ascendere ad un 6 o 700. Mentre le così dette classiche nazioni dell' occidente, i Greci ed i Romani, bene spesso indicavano il luogo ove una cometa era da prima visibile, e non mai oltre ciò la sua orbita apparente, la doviziosa letteratura dei Cinesi osservatori della natura e d'ogni cosa annotatori, presenta particolari notizie sulle costellazioni che ciascuna cometa trascorre. Tali notizie risalgono a più di cinque secoli innanzi l'era cristiana, e molte di esse sono ancora in oggi dagli astronomi poste a profitto (42).

Di tutti i planetarii corpi le comete con le loro per molti milioni di leghe lunghe e dilatatissime code riempiono i più vasti spazii della piccola massa, calcolata essendo per le singole sperienze finora fatte probabilmente molto al disotto d' 1/5000 della massa terrestre. Il vaporoso cono di riflessa luce ch' esse proiettano lontano, fu talvolta trovato (1680 e 1811) così lungo come la distanza della Terra dal Sole, una linea la quale taglia due orbite planetarie, quelle di Venere e di Mercurio. È assai probabile che negli anni 1819 e 1823 la nostra atmosfera siasi commista al vapore delle code cometali.

Mostrano pure le comete così svariate forme, sovente più all' individuo che alla specie appartenenti, che la descrizione di una di queste peregrinanti nubi luminose (così già

nomaronle Senofane e Teone, d'Alessandria, il contemporaneo di Pappo) può solo con cautela essere ad un'altra applicata. Le più deboli telescopiche comete sono quasi sempre senza visibile coda, e somigliano alle nebulose stelle d'Herschel. Esse formano una sferica nebbia, languidamente sfavillante, con luce più concentrata verso il mezzo. Questo è il tipo più semplice, ma perciò appunto così poco rudimentario, come quello di un invecchiato corpo mondiale esausto per evaporazione. Nelle comete più grandi si distingue la *testa* od il così nomato *nucleo*, e la semplice o moltiplice *coda*, a cui gli astronomi cinesi danno il nome assai caratteristico di *scopa* (*sui*). Il nucleo non a di regola alcun determinato contorno, sebbene siasi veduto in qualche caso risplendere ugualmente che una stella di prima e seconda grandezza nelle grandi comete del 1402, 1532, 1744 e 1843 (43) di bel dì per un fulgido sole. Quest' ultima circostanza dimostra dunque nei singoli individui una massa più solida, suscettiva d'intensa riflessione di luce. Apparvero invero nel grande telescopio di Herschel due sole comete, quella scoperta in Sicilia nel 1807 e la bella del 1811, aventi un disco bene determinato (44), una sotto un angolo di 1", l'altra di 0" 77, il che porterebbe a 100 e 107 miriametri i diametri effetti. I nuclei a meno determinati contorni delle comete del 1798 e 1805 avevano solamente 4 o 5 miriametri di diametro. In parecchie comete esattamente scrutate, sopra tutto nella sunominata e sì a lungo contemplata del 1811, il nucleo ed il suo nebuloso involucro erano per uno spazio oscuro dalla coda totalmente divisi. L'intensità della luce nel nucleo delle comete non aumenta nella stessa misura fino al centro; zone molto sfavvillanti sono in più guise da concentrici nebulosi involucri disgiunte. Le code ci sono mostrate, ora semplici, ora doppie, però di rado, e (1807 e 1843) di molto differente lunghezza nei due rami; una volta sestuple, 1744 (per 60° di

divergenza); rettilinee o curve, sia dai due lati, verso il di fuori (1811), o convesse dal lato verso cui (1618) la cometa si muove; ben anco affatto serpeggianti a guisa di fiamma. Sono desse, come (secondo Eduardo Biot) gli astronomi cinesi già osservarono nell'anno 837, ma in Europa primamente da Fracastoro e Pietro Apiano nel decimosesto secolo annunciossi in più determinata guisa, sempre talmente distornate dal Sole, che l'asse prolungato andrebbe a trovarne il centro. Si possono considerare le emanazioni come conoidali involucri di pareti più o meno spesse; la quale ipotesi facilmente varrebbe molto curiosi ottici fenomeni a chiarire.

Le singole comete non sono però soltanto secondo la loro forma così caratteristicamente differenziate (senza intera visibile coda o con una di 104° di lunghezza come nella terza dell' anno 1618); le vediamo pure soggiacere a rapidi l'uno all'altro succedentisi variabili processi di formazione. Cotesto mutar di forme venne con tutta esattezza egregiamente descritto rispetto alla cometa del 1744 da Einsio a Pietroburgo, ed a quella di Halley nell'ultima sua apparizione l'anno 1835 da Bessel in Conigsberga. Nella parte anteriore del nucleo opposto al Sole appariva un efflusso in forma più o meno di fiocco. I raggi incurvati all'indietro formavano una parte della coda. « Il nucleo della cometa d'Halley ed i suoi efflussi presentavano l'aspetto di un razzo incendiato, la cui coda fosse da vento colato in fianco deviata ». I raggi defluenti dal nucleo li vedemmo Arago ed io dalla specola di Parigi in una serie di notti in svariatissime guise foggiati (45). Il grande astronomo di Conigsberga argomenta da molteplici misure e teoretiche osservazioni: « che il defluente cono luminoso si allontana dalla direzione verso il Sole assai notabilmente a destra ed a sinistra, sempre però di nuovo a quella direzione fa ritorno, per passare ancora all'altra parte medesima; che quindi il defluente cono luminoso, come pure il corpo stesso della co-

meta che lo produce ed espelle, provano un rotatorio o più tosto un oscillante movimento nel piano dell'orbita. » Soggiunge poi « che la solita forza attrattiva del Sole, che questo esercita sui corpi gravi, per ispiegare tali ondulazioni non basta, ed è di parere, che sia in esse una forza polare, la quale uno dei semidiametri delle comete verso il Sole rivolge, e l'altro costringe a stare da lui lontano. La magnetica polarità che la Terra possiede, offre qualche cosa d'analogo; e dove l'inverso di questa tellurica polarità avesse a riferirsi al Sole, potrebbe farsene vedere un influsso nella precessione degli equinozii. » Non è questo il luogo di esaminare più da vicino i fondamenti su cui posano le spiegazioni che corrispondono ai fenomeni; però sì memorabili osservazioni, sì grandiose vedute intorno la classe più meravigliosa dei corpi mondiali appartenenti al nostro solare sistema, non potevano in questo abbozzo d'un quadro universale della natura essere pretermesse.

Non ostante la regola secondo la quale le code delle comete nella vicinanza del Sole aumentano di estensione e di splendore e dal corpo centrale rimangono distornate, la cometa del 1823 ha nulladimeno presentato il curioso esempio di due code, di cui una contro l'altra verso il Sole erano rivolte, e formanti un angolo di 160° entrambe. Singolari modificazioni della polarità e la non contemporanea divisione e trasmissione di quella possono in questo raro caso di due sorti avere occasionato emanazioni di materia nebulosa senza ostacolo continuate (47).

Nella filosofia naturale di Aristotele l'apparizione delle comete per mezzo di sì fatte emanazioni viene con l'esistenza della via lattea d'un singolare legame accomunata. Quell'innumerevole moltitudine di stelle che formano la via lattea presentano una massa accendentesi da sè (rilucente). La fascia nebulosa che divide la vôlta celeste, sarebbe quindi dallo Sta-

girita considerata come una immensa cometa, la quale perennemente si riproduce (48).

Occultazioni di stelle fisse pel fatto del così detto nucleo d'una cometa o del suo più vicino vaporoso involucro possono diffondere luce sopra la fisica costituzione di questi meravigliosi corpi mondiali: non havvi difetto d'osservazioni che inducano il sicuro convincimento essere stata l'occultazione pienamente centrale (49); imperocchè, come più sopra notammo, nelle parti dell'involucro che giaciono più vicine al nucleo si alternano concentrici strati di densi e men che densi vapori. Per lo contrario, non è soggetto di dubbio, che il 29 di settembre 1835, secondo le più accurate misure di Bessel, la luce d'una stella di decima grandezza passò traverso una densissima nebulosità alla distanza di 7″78 dal punto centrico del nucleo della cometa di Halley, durante il quale trapasso per tutte le parti della nebulosità non fu punto deviata dal suo rettilineo movimento (50). Una tale mancanza di forza rifrangente, quando effettivamente sia attribuibile al centro del nucleo, rende assai difficile il ritenere che la materia delle comete sia un fluido gazeiforme. È questa forse la conseguenza unica della quasi infinita rarefazione d'un fluido? o forse consiste la cometa « di separate particelle, » formanti una cosmica nube, la quale non affetta l'oltrepassante raggio luminoso più che le nubi della nostra atmosfera, le quali parimente non alterano punto le zenitali distanze degli astri o dei lembi solari? Nel passaggio delle comete dinanzi ad una stella ebbesi sovente ad osservare un più o meno considerevole indebolimento della sua luce; ma ciò a buon dritto si ascrive al fondo luminoso, dal quale sembrano spiccarsi le stelle durante l'occultazione.

Le più importanti e decisive osservazioni che sopra la natura della luce delle comete sieno state fatte, noi le dobbiamo alle sperienze d'Arago sulla polarizzazione. Il suo polarisco-

pio c'istruisce intorno la fisica costituzione del Sole, al pari che su quella delle comete; tale istromento indica se un raggio di luce che ci perviene da una distanza di molti milioni di leghe sia un raggio diretto o riflesso, se nel primo caso la sorgente luminosa sia d'un corpo solido, liquido o gazoso. Nella specola di Parigi furono col medesimo apparato esaminate la luce della Capra e quella della grande cometa del 1819. Quest'ultima mostrava polarizzata, quindi riflessa luce, mentre la stella fissa, com'era da aspettarsi, corrispondeva siccome un sole rifulgente da sè. La presenza della polarizzata luce cometaria non si annunciò però soltanto mediante l'ineguaglianza delle imagini; essa fu comprovata alla riapparizione della cometa di Halley nell'anno 1835 con più certezza ancora dal vie più sorprendente contrasto dei colori complementarii, secondo la cromatica polarizzazione scoperta da Arago nell'anno 1811. Se oltre questa riflessa luce solare non abbiano le comete una luce propria, rimane per que' belli sperimenti ancora indeciso. Anche nei propriamente detti pianeti, Venere per esempio, è assai probabile una sostanziale emanazione di luce.

La variabile intensità di luce delle comete non sempre alla collocazione nelle loro orbite ed alla loro distanza dal Sole è da riferirsi. In alcuni individui essa accenna indubitatamente nell'interno processi di condensamento e crescente o scemante idoneità riflessiva dell'accattata luce. Nella cometa del 1618, come in quella di periodo triennale, Evelio e, dopo lunga non curanza del notevole fenomeno, l'ingegnoso astronomo Valz in Nimes, trovarono il nucleo impiccolirsi nella vicinanza, ingrandire nella lontananza del Sole. La regolarità del mutamento dei volumi in proporzione delle distanze dal Sole è soprammodo sorprendente. La fisica spiegazione del fenomeno non dee punto cercarsi nella maggiore condensazione degli strati dell'etere cosmico alla maggior vicinanza

del Sole, poichè è difficile che il vascolare vaporoso nucleo delle comete si renda impervio a quell' etere mondiale.

La tanto variata eccentricità delle ellittiche orbite cometarie ha negli ultimi tempi (1819) dotato d'un brillante corredo le nostre cognizioni intorno al sistema solare. Encke ha scoperto l'esistenza di una cometa di sì breve periodo, che rimane al tutto nell'interno delle nostre orbite planetarie, e la sua maggiore distanza del Sole ha proprio luogo tra l'orbita dei piccoli pianeti e quella di Giove. La sua eccentricità è appena 0,825, mentre quella di Giunone (la eccentricità maggiore fra tutte le orbite planetarie) è 0,255. La cometa di Encke è stata spesse volte, benchè con difficoltà (in Europa 1819, nella Nuova Olanda secondo Rümker 1822) visibile ad occhio nudo. Il tempo della sua rivoluzione è di circa tre anni ed un terzo; ma dall'attenta comparazione dei ritorni al perielio è risultato il fatto degno di nota, che i tempi delle rivoluzioni dal 1786 al 1838 si vennero in regolar guisa di periodo in periodo accorciando, vale a dire in uno spazio di 52 anni per 1 giorno ed 8/10. Un sì notabile fenomeno ha indotto a stabilire una molto probabile ipotesi d'una materia gaseiforme disseminata negli spazii mondiali opponente resistenza; e ciò onde mettere in assonanza il calcolo e la osservazione con la valutazione più accurata di tutte le planetarie perturbazioni. La forza tangenziale verrebbe diminuita, e con essa lo verrebbero gli assi maggiori dell'orbita cometale. Il valore della costante di tale resistenza sembra oltre ciò alquanto differente e avanti e dopo il passaggio al perielio, il che forse è da ascriversi alla mutata forma del piccolo astro nebuloso nell'avvicinarsi al Sole ed all'influsso degl' ineguali densi strati dell'etere mondiale (51). Questi fatti e la disamina loro appartengono ai più importanti risultamenti della nuova astronomica scienza. Se oltre ciò la cometa di Encke ci ha da principio porto occasione di assoggettare ad un più rigoroso

esame la massa di Giove, così importante per tutti i calcoli delle perturbazioni, ci ha col suo corso più tardi procacciato la prima benchè solo approssimativa, determinazione di uno scemamento della massa di Mercurio.

Alla prima cometa di breve periodo, la cometa di Encke, di tre anni ed un terzo, una seconda presto se ne aggiunse 1826), similmente planetaria, il cui afelio giace al di là dell'orbita di Giove, ma molto al di qua dell'orbita di Saturno. La cometa di Biela ha un periodo di rivoluzione d'anni sei e tre quarti. Essa è di luce ancora più debole che quella di Encke, ed ha moto diretto come questa, mentre la cometa di Halley, gira in verso contrario alla direzione di tutti i pianeti propriamente detti. Essa presentò il primo non dubbio esempio d'una cometa che taglia l'orbita terrestre. L'orbita della cometa di Biela è quindi tale, che può portare pericolo, se pericoloso dee chiamarsi questo straordinario fenomeno naturale nei tempi storici non ancora accaduto e di cui non si sanno con certezza determinare le conseguenze. Piccole masse, dotate di prodigiosa velocità, possono senza dubbio esercitare una considerevole forza; ma quando Laplace dimostra che alla cometa del 1770 è attribuita una massa, la quale non arriva nè meno ad 1/5000 della massa terrestre, egli stabilisce di più in generale la media massa delle comete con una tal quale probabiltà molto inferiore ad 1/100000 della terrestre (circa 1/1200 della lunare (54). È d'uopo non confondere il passaggio della cometa di Biela per la nostra orbita terrestre col suo incontrarsi con la Terra o col suo avvicinarsi alla stessa. Quando il 29 ottobre 1832 avvenne il passaggio, la Terra aveva ancora bisogno di un mese intero per giungere al punto d'intersezione d'ambedue le orbite. Le due comete di breve periodo si tagliano pure l'una l'altra nelle orbite loro; e rettamente si osservò (55) che per le molte perturbazioni che sì piccioli corpi mondiali sostengono dai pianeti,

sia assai possibile cosa, quando l'incontro seguisse alla metà d'ottobre, che all'abitatore della terra appresentassero il meraviglioso cosmico spettacolo della collisione, vale a dire d'un vicendevole compenetramento, o d'un'agglutinazione, o d'una distruzione per dissolvimento. Tali accidenti, conseguenze della deviazione per effetto di masse perturbatrici od incrociantesi orbite primitive, possono essersi da milioni d'anni nell'immensità degli eterei spazii assai volte avverati; isolati casi, sì poco influenti in generale od efficienti sulle mondiali forme, come nella ristretta sfera terrestre l'erompere o l'inabbissarsi di un vulcano.

Una terza interna cometa di breve periodo è quella scoperta da Faye il 22 novembre 1843 nella specola di Parigi. La sua orbita ellittica s'accosta alla circolar forma assai più che quella di qualunque delle comete fin qui conosciute. Essa è rinchiusa tra le orbite di Marte e di Saturno. La cometa di Faye, la quale secondo Goldschmidt, oltrepassa ancora l'orbita di Giove appartiene per ciò allo scarso numero di quelle il cui perielio fu trovato al di là di Marte. Il suo periodo è di sette anni 29/100, e la forma attuale della sua orbita è forse da ascriversi alla sua maggiore vicinanza a Giove sulla fine dell'anno 1839.

Se noi consideriamo le comete nelle loro serrate ellittiche orbite come membri del nostro sistema solare secondo la lunghezza del loro asse maggiore, secondo la dimensione della loro eccentricità e la durata del loro periodo di rivoluzione, allora probabilmente alle tre planetarie comete di Encke, Biela e Faye, riguardo alla periodicità, tengono dietro: la cometa scoperta da Messier nel 1766, cui Clausen ritiene identica con la terza del 1819; indi la quarta dello stesso anno scoperta da Blanpain, ma da Clausen tenuta per identica con la cometa del 1743, e che patì, al pari di quella di Lexel, grandi alterazioni di orbita per la vicinanza ed at-

trazione di Giove. Queste due comete sembrano pure avere una periodicità soltanto di 5 a 6 anni, ed i loro afelii cadono nella regione dell'orbita di Giove. Di 70 in 76 anni hanno poi periodo la cometa di Halley tanto importante per la teorica e fisica astronomia, cometa la cui ultima apparizione (1835), fu meno brillante che mai potesse aspettarsi giusta le precedenti; la cometa di Olbers (6 marzo 1815) e quella scoperta nell'anno 1812 da Pons, la cui elittica orbita fu da Encke determinata. Queste ultime rimasero invisibili ad occhio nudo. Della grande cometa di Halley ora noi conosciamo già con certezza il nono ritorno, poichè, secondo i compiuti recenti di Laugier, è dimostrato che nelle tavole chinesi delle comete, fornite da Eduardo Biot, l'orbita della cometa del 1378 è identica con quella di Halley (56). La periodicità dell'ultima dal 1378 al 1835 ondeggiò tra 74, 91 e 77, 58 anni: il medio fu 76, 1.

Coi sopra mentovati corpi mondiali contrasta una schiera di altre comete, le quali impiegano più migliaia d'anni nel loro periodo di ardua però ed incerta derminazione. Così occorrono alla bella cometa del 1811, secondo Argeland, 3065, ed alla spaventosamente grande del 1680, secondo Encke, oltre 8800 anni. Questi corpi mondiali s'allontanano così dal Sole 21 e 44 volte più che Urano, vale a dire a 6200 ed a 13 milioni di miriametri. A sì enormi distanze si esercita ancora la forza attrattiva del Sole; è certo però che la cometa del 1680, la quale nel perielio percorre 393 chilometri, vale a dire tredici volte più che la terra, nell'afelio movesi appena di 3 metri ogni minuto secondo. Questo è solamente tre volte più che la velocità dell'acqua dei nostri più pigri fiumi dell'Europa, ed è la metà di quella da me trovata in un braccio dell'Orenoco, il Cassiquiare. Fra l'innumerevole coorte di non calcolate o non iscoperte comete ve ne ha, con tutta verisimiglianza, molte di cui l'asse mag-

giore dell'orbita oltrepassa ancora di gran lunga quella della cometa del 1680. Per farsi ora in qualche modo mediante il calcolo un'idea, non dico della sfera d'attrazione della cometa del 1680, ma della lontananza nello spazio d'una stella fissa, d'un altro sole, dell'afelio della cometa del 1680 (del corpo mondiale del nostro sistema che, secondo le odierne nostre cognizioni maggiormente si dilunga), è d'uopo qui rammemorare che, giusta le più recenti determinazioni della parallasse, la stella fissa a noi più vicina dista ancora ben 250 volte dal nostro Sole più che la cometa nel suo afelio. Questo importa solo quarantaquattro raggi dell'orbita di Urano, mentre α del centauro dista 11000, e, con maggiore certezza, secondo Bessel, 31,000 la 61 del Cigno.

Dopo che abbiamo osservato le maggiori lontananze delle comete dal corpo centrale, ne rimane ad allegare gli esempii delle fin qui misurate vicinanze maggiori. La minima distanza di una cometa dalla Terra fu raggiunta da quella del 1770 di Lexell e Burkardt divenuta così celebre a motivo delle perturbazioni che sofferse per parte di Giove. Il 28 giugno non si dilungava dalla Terra più che sei volte, la distanza della Luna. Questa cometa traversò due volte, 1767 e 1779, il sistema delle quattro lune di Giove, senz'apportare la minima percettibile alterazione alle loro orbite così bene scrutate. Ma la grande cometa del 1680 arrivò nel suo perielio alla superficie del Sole otto o nove volte più vicino che quella di Lexell alla Terra. il 17 dicembre dilungavasi soltanto la sesta parte del diametro solare, vale a dire 7/10 d'una distanza della Luna. Comete a perielio che oltrepassa l'orbita di Marte sono assai di rado visibili agli abitatori della Terra a cagione della luce affievolita dalle distanze, e di tutte le fin qui scoperte comete quella del 1729 è l'unica, la quale nella vicinanza del Sole tiene il mezzo fra l'orbita di Pallade e di Giove, e potè essere veduta fin al di là di quest'ultimo *pianeta*.

Dappoichè alcune fondamentali cognizioni scientifiche accanto a molte oscure imperfette nozioni penetrarono in più ampia sfera dell'umano consorzio, le apprensioni di almeno possibili calamità onde le comete ci minacciano, vennero prendendo peso maggiore, ed una direzione meno vaga. La certezza che nel seno delle conosciute orbite planetarie si danno comete le quali ritornano a brevi intervalli a visitare le nostre regioni; le ragguardevoli perturbazioni che Giove e Saturno producono nelle orbite, onde un corpo mondiale da indifferente, come appare, può in pericoloso tramutarsi; l'orbita della cometa di Biela che taglia l'orbita della nostra Terra; il cosmico vapore, resistente e vincolante fluido che tende a restringere le orbite tutte; la individuale diversità dei corpi cometarii, che lascia sospettare considerevoli gradazioni nella quantità sostanziale dei nuclei; i motivi sono questi che con la copiosa loro varietà stanno in cambio di ciò che i remoti secoli concepivano in un vago terrore di *spade fiammeggianti*, di *stelle capelhute* generatrici d'una universale conflagrazione.

Essendo che i motivi di sicurezza che si desumono dai calcoli delle probabilità non hanno efficacia che sull'intelletto il quale pondera e ragiona, e non altrimente sulle intime voci dell'animo e sull'imaginativa, non fu al tutto ingiusto il rimprovero fatto alla moderna scienza ch'essa adoperi a distruggere timori ch'ella medesima ha suscitati. È condizione intrinseca dell'ombrosa natura degli uomini, considerando sotto un grave aspetto le cose, che l'inaspettato, lo straordinario desti paura soltanto, non gioia o speranza (57). La meravigliosa figura d'una grande cometa, il suo languido chiarore nebuloso, il suo improvviso comparire sulla vôlta celeste si sono appresentati sotto tutte le zone terrestri ed al senso dei popoli quasi sempre siccome una nuova, spaventosa potenza avversa all'antico ordinamento delle cose esistenti; e poichè

il fenomeno è legato solamente ad una breve durata, ne deriva la credenza nella sua effettività mondiale a vista dei contemporanei o di chi vien subito dopo. La concatenazione di questi accidenti mondiali presenta in conseguenza di leggieri qualche cosa che si può riguardare come l'annunziato disastro. Solo ai nostri tempi si è curiosamente manifestata una ben diversa e serena tendenza del senso popolare. Ond'è che nelle tedesche campagne e nelle amene vallate del Reno e della Mosa ascritto venne ad uno di questi sì a lungo calunniati corpi mondiali qualche cosa di salutifero, un benefico influsso sulla prosperità dei vigneti. Contrarie esperienze, delle quali non è difetto nel nostro tempo sì ricco di comete, non hanno potuto smuovere la credenza in tali meteorologici miti e nell'esistenza di erranti stelle che vibrino calore.

Io passo dalle comete ad un'altra ancora più misteriosa classe di conglobata materia; ai più piccoli tra tutti gli asteroidi, i quali noi nel loro frammentario stato e pervenuti nella nostra atmosfera, contrassegniamo col nome di aeroliti o di meteoriche pietre. Se io presso queste, ugualmente che presso le comete, più a lungo mi trattengo, ed enumero particolarità le quali ad un quadro generale della natura estranee devono rimanersi, non è senza consiglio. Di tutte le individuali differenze di carattere delle comete fu già per l' innanzi trattato. Secondo il poco che sino ad ora sappiamo della loro fisica costituzione, è difficile in una esposizione, come qui si esigerebbe, di abbracciare il complesso delle riproducentesi, ma con molta disuguale esattezza osservate apparizioni, di sceverare ciò ch'è necessario da ciò ch'è accidentale. Solo la ponderatrice e calcolatrice astronomia delle comete ha fatto maravigliosi e degni progressi. In tale stato delle nostre, cognizioni, deve una scientifica osservazione restringersi alla fisionomica differenza della configurazione nel nucleo e nella coda, agli esempi di grande analogie cogli altri corpi mondiali, agli estremi

nelle relazioni di spazio delle orbite e nella durata del tempo di rotazione. Verità naturali si possono raggiungere in questi fenomeni come pure nei prossimi seguenti solo mediante la rappresentazione delle individualità e mediante l'animata perspicua enunciazione della realtà.

Stelle cadenti, palle di fuoco o sia bolidi e pietre meteoriche sono con grande verosimiglianza da riguardarsi quali piccole masse che si muovono con planetaria lestezza, e che nello spazio mondiale, secondo le leggi universali della gravitazione, s'aggirano in coniche sezioni intorno al Sole. Quando questa massa nel loro corso incontrano la Terra e, da essa attratte, diventano luminose ai confini della nostra atmosfera, lasciano bene spesso cadere frammenti pietrosi più o meno infocati, rivestiti d'un nero strato rilucente. Per mezzo di diligente analisi di quanto ai tempi in cui gli sciami di stelle cadenti appariscono periodicamente (a Cumana nel 1799, nell'America settentrionale nel 1833 e nel 1835), venne osservato, non è permesso di far distinzione dei bolidi dalle stelle cadenti. Ambo i fenomeni non solo sono spesso contemporanei e frammischiati, essi vanno eziandio appaiati insieme; vogliasi paragonare fra essi la grandezza dei dischi, o il getto delle scintille, o la celerità del movimento. Intanto che si vedono scoppiettanti e fumosi bolidi rilucenti anche pei sereni giorni del tropico sorpassare talvolta l'apparente diametro della Luna (38), si sono per lo contrario vedute ancora stelle cadenti in ischiera infinita d'una tale picciolezza da rendersi visibili solamente in forma di tanti punti descriventi come delle linee fosforescenti (39). Del rimanente, se fra i molti fulgidi corpi i quali nel cielo lanciano scintille stellari non ne siano anche di una affatto differente natura, resta finora indeciso. Ritornando dalle zone equinoziali fui compreso dell'impressione che sotto i tropici, nelle più calde pianure, come ad altezze di 4 o 5 mille metri sul livello del

mare, le stelle cadenti sono più frequenti, più colorate, ed accompagnate da più lunghe rilucenti strisce, di quello che nelle temperate e fredde zone; se non che la causa (60) di questa impressione sta soltanto nella stupenda trasparenza della tropicale atmosfera. L'occhio colà penetra più profondamente nell'aere. Anche Alessandro Burnes vanta in Bokara, quale conseguenza « della purezza del cielo, l'incantevole ognora rinascente spettacolo delle molte colorate stelle cadenti. »

La connessione delle meteoriche pietre coi più grandi e più rilucenti fenomeni dei bolidi, poichè questi e quelle cadono e talvolta s'internano nella terra alla profondità di 3 fino a 5 metri, ci viene per molti altri esempi dimostrata mediante le ben osservate cadute d'aeroliti a Barbotan nel dipartimento delle Landes (24 luglio 1790), a Siena (16 giugno 1794), a Weston nel Connecticut (14 dicembre 1807) ed a Juvenas, dipartimento dell'Ardèche (15 Giugno 1821). Altri fenomeni di stelle cadenti sono quelli, in cui le masse per un cielo sereno da una piccola nube oscura formatasi di repente, con un fragore simile ad uno scoppio di cannone, vengono precipitate al suolo. Vaste regioni intere sono così talvolta da alcuna di tali peregrinanti nubi coperte di migliaia di frammenti d'inegualissima grossezza, ma di eguale natura. Più di rado, come da pochi mesi avvenne del grande aerolito, il quale con iscoppio simile a quello del fulmine cadde (16 settembre 1843) a Kleinwenden, presso Nühlhausen, il cielo era sereno e non si formò nube alcuna. La stretta affinità tra i bolidi e le stelle cadenti si mostra altresì principalmente da questo, che le meteoriche pietre che precipitano sulla terra hanno talvolta (9 giugno 1822 a Angers) la dimensione appena d'una candela romana dei nostri fuochi d'artifizio.

Quale sia la forza plasmatrice, quale il fisico e chimico processo in questi fenomeni; se le molecole, che costituiscono la compatta massa delle meteoriche pietre, giaciano origina-

riamente, del pari che nelle comete, in istato vaporoso disgiunte le une dalle altre e si condensino nell' interno dei fiammeggianti bolidi allora solo ch'essi cominciano a risplendere agli occhi nostri; che cosa intervenga nelle oscure nubi in cui tuona per lunghi minuti prima che le pietre ne sieno giù precipitate; se eziandio fuori delle piccole cadenti stelle si disserri effettivamente alcun che di compatto, o semplicemente una specie di sottile fumo, una specie di meteorica polve di nikel e di ferro composta (61): tutto ciò fino ad ora è in dense tenebre sepolto. Noi conosciamo il vasto campo d'azione, la enorme, prodigiosa, tutto planetaria rapidità delle stelle cadenti, dei bolidi e delle meteoriche pietre; conosciamo la generalità ed in questa l'uniformità dei fenomeni, ma non così la primordiale cosmica essenza, la sequela delle tramutazioni. Girando le meteoriche pietre già conglobate in masse compatte (meno dense però che la densità media della Terra) (62), è forza che nell'interno dei bolidi, i cui diametri reali, desunti dalle altezze e dai diametri apparenti si possono arguire di 160 e di 850 metri, esse non formino che un assai piccolo nucleo d'un tal quale gas o d'infiammabili vapori circondato. Le più grandi meteoriche pietre che noi fin qui conosciamo, le brasiliane di Bahia e quelle di Otumpa a Chaco, che Rubi de Celis ha descritte, hanno due metri in due metri e mezzo di lunghezza. Quella meteorica pietra d'Egos Potamos cotanto celebre in tutta l'antichità, mentovata già nella cronaca dei marmi di Paros, e caduta circa l'epoca della nascita di Socrate, ci viene descritta così grande come due pietre molari e del peso del carico intero d'una vettura. Malgrado gl'inutili tentativi fatti dall'africano viaggiatore Browne, io non ho rinunziato alla speranza, che non abbiasi un giorno a rinvenire, dopo 2312 anni, questa sì difficilmente distruttibile meteorica massa in un paese, come la Tracia, ora più che mai accessibile agli Europei. Sul principio del secolo X

nella riviera di Narni cadde un enorme aerolito il quale, siccome attesta un documento scoperto da Pertz, emergeva d'un'intera auna fuori dell'acqua. È inoltre da osservare che tutte queste masse d'antica e di moderna data sono propriamente da considerarsi soltanto come principali frammenti di ciò che nel bolido e nella nube oscura coll' esplosione si è sfracellato. Quando si considera la matematicamente dimostrata enorme rattezza con cui le meteoriche pietre dagli estremi limiti dell'atmosfera arrivano fino sulla terra, o quali bolidi passano per più lungo cammino a traverso l'atmosfera ed i suoi più densi strati, trovo più che improbabile che in sì breve spazio di tempo la metallica petrosa massa abbia potuto alla prima tramutarsi dal suo stato gazeiforme in un solido nucleo cosparso di cristalli, perfettamente formati, di olivina, labrador e pirosseno.

Del rimanente, ciò che abbasso cade, persino allorchè l'interna composizione chimica è differente, quasi sempre ha il peculiare carattere di un frammento, spesso d'una prismatica o tronca forma piramidale, con larghe, alquanto convesse facce e rotondati angoli. Donde adunque questa da Schreibers pel primo riconosciuta forma di un separato pezzo in un roteante corpo planetario? Qui ben anco, come nella sfera dell'organica vita, oscuro è tutto ciò che appartiene alla storia delle tramutazioni. Le masse meteoriche cominciano a risplendere e ad accendersi in altezze, che dobbiamo considerare quasi come vuote d'aria, o che non contengano 1/100000 di gas ossigeno. Le nuove ricerche di Biot sopra l'importante fenomeno crepuscolare (63) abbassano di molto la linea che, forse troppo temerariamente, si usa di chiamare i confini dell'atmosfera; però fenomeni luminosi possono succedere senza la presenza del circondante gas ossigeno, e Poisson pensò l'accensione degli aeroliti seguire ben più al di là del nostro aereo vaporoso cerchio. Solamente ciò ch'è suscettivo di cal-

colo e d'una geometrica misura può nelle pietre meteoriche, come nei più grandi corpi mondiali del sistema solare, addurci sopra un solido e sicuro terreno. Ancorchè Halley dichiarasse già la gran palla di fuoco o bolido del 1786, il cui movimento era a quello della terra nella sua orbita opposto, per un cosmico fenomeno (64), fu tuttavia primo Chladni, il quale, nella più grande generalità (1794), la connessione fra i bolidi e le pietre più cadenti dall'atmosfera, come il movimento dei primi per lo spazio mondiale, ha con molta sagacia riconosciuto (65). Una luminosa conferma della ipotesi della cosmica origine di tali fenomeni fu quindi somministrata da Denison Olmstedt, a Newhaven (Massachusetts). Dimostrò egli come all'epoca, divenuta sì celebre, dell'apparizione di stelle cadenti nella notte dal 12 al 13 novembre 1833, giusta la testimonianza di tutti gli osservatori, i bolidi e le stelle cadenti uscirono insieme da una e identica posizione nella vôlta celeste, vicino alla stella 7 del Leone, e non deviarono da questo punto di uscita, benchè la stella durante il lungo tempo dell'osservazione mutasse la sua apparente altezza ed il suo azimut. Una tale indipendenza dalla rotazione della Terra prova che i rilucenti corpi dal di fuori, dello spazio mondiale, pervengono nella nostra atmosfera. Secondo il calcolo di Encke (66) fondato su tutte le osservazioni le quali furono fatte negli Stati Uniti d'America fra le latitudini di 35° e 42°, essi provennero tutti dal punto dello spazio mondiale al quale nella medesima epoca era diretto il movimento della Terra. Anche nelle apparizioni di stelle cadenti che si riprodussero nel novembre del 1834 e 1837 nell'America settentrionale, come nelle analoghe del 1838 osservate a Brema, venne riconosciuto il generale parallelismo delle orbite e la direzione delle meteore opposta alla costellazione del Leone. Come nelle periodiche stelle cadenti in generale una direzione più parallela che nelle consuete sporadiche, così credesi anche di avere

osservato nel periodico riproducentesi fenomeno d'agosto (torrente di S. Lorenzo) che le meteore del 1839 provvennero in buona parte da un punto fra Perseo ed il Toro; verso quest' ultima costellazione movevasi allora la Terra. Questa singolarità del fenomeno (la direzione retrograda delle orbite in novembre ed agosto) merita in ispecialità d'essere confermata o confutata per mezzo di venture esattissime osservazioni.

L'altezza delle stelle cadenti, vale a dire il principio e la fine della loro visibilità è fuor di modo differente ed ondeggia fra 3 e 26 miriametri. Questo importante risultamento e la prodigiosa lestezza dei problematici asteroidi si trovarono per primo da Breuzenberg e Brandes mediante contemporanee osservazioni e determinazioni di parallassi sopra i punti estremi di una linea fissa di 15 mille metri di lunghezza (67). La celerità relativa del movimento è 4/2 sino a 9 miglia per secondo, in conseguenza uguale a quella dei pianeti. Una tale planetaria celerità, come pure la spesso osservata direzione delle orbite dei bolidi e delle stelli cadente (68), la direzione del movimento in verso contrario alla Terra, vengono considerati come argomenti principali a confutazione dell' ipotesi che attribuisce la origine degli aeroliti a così detti vulcani lunari ancora in attività. L'ipotesi di una più o meno grande vulcanica forza in un piccolo corpo mondiale sproveduto d'atmosfera è però di sua natura, numericamente soprammodo arbitraria. Nulla impedisce d'imaginare una reazione dell'interno d'un corpo mondiale contro la sua crosta dieci, anzi cento volte più forte che nei nostri vulcani attuali. Parimente la direzione delle masse, la quale è vibrata da un satellite roteante da ponente a levante, può perciò solo sembrare retrograda, che la Terra arriva più tardi nella sua orbita al punto stesso che quelle masse hanno toccato. Ove però si ponga mente al complesso delle ragioni che io dovetti già enumerare in questi quadri della natura onde evitare il

sospetto d'infondate asserzioni, trovasi che la ipotesi della selenetica origine delle meteoriche pietre dipende da un gran numero di condizioni, il cui accidentale concorso soltanto può trasformare il mero possibile in un fatto reale. A più semplici e differenti congetture (69) sopra la formazione del sistema solare più analoga sembra la ipotesi di una originaria esistenza di piccole masse planetarie negli spazii mondiali.

Egli è molto verosimile che una gran parte di questi cosmici corpi trapassino incolumi in vicinanza della nostra atmosfera, per continuare la loro corsa intorno al Sole modificata per effetto dell' attrazione della Terra solo nell' eccentricità. È credibile che non diventino di nuovo visibili prima di molti anni e se non dopo un certo numero di rivoluzioni. Le così dette ascendenti meteore, che Chladini cercò di chiarire non felicemente per mezzo della forte compressione dell' aria, sembrarono a primo aspetto la conseguenza di una enigmatica celerità di proiezione allontanante i corpi della terra; ma Bessel ha teoricamente dimostrato e sulla base degli accurati calcoli di Feldt ha provato che per mancanza di una perfetta simultaneità delle esplorate sparizioni fra le notorie osservazioni nessuna si presenti la quale dia all'ipotesi dell'ascendenza una probabiltà, e permetta di ritenerla come un risultamento dell' osservazione (70). Se, come crede Olbers, lo scoppiare di stelle cadenti e di fumanti accesi non sempre in retta linea mossi bolidi, spinga in alto la meteora a guisa di razzo, e se in certi casi ei possa influire sulla direzione della loro orbita, soggetto dev' esser questo di nuove osservazioni.

Le stelle cadenti precipitano o isolate e di rado, quindi sporadiche, od a sciami di molte miglia; queste ultime apparizioni (arabi scrittori le paragonano a nugoli di locuste) sono periodiche e si movono in correnti per lo più di direzione parallela. Fra le periodiche apparizioni a sciami sono finora divenuti celebri il così detto fenomeno di novembre (dal

12 al 14) e quello della festa di S. Lorenzo (10 agosto), le cui « lacrime di fuoco » in Inghilterra, già da gran tempo si tennero, in un calendario di chiesa, come pure in antiche tradizioni, quale un periodico meteorologico avvenimento (71). Del rimanente, fu veduto di già nella notte dal 12 al 13 nov. 1823 secondo Klöden a Potsdam, e nel 1832 in tutta l' Europa, da Portsmouth fino ad Orenburgo sulle sponde dell' Ural, e persino all'Isola di Francia nell' emisfero australe, un grande miscuglio di stelle cadenti e di bolidi d'ogni grandezza. All' idea per altro d' una periodicità nel fenomeno dei grandi sciami di stelle cadenti, e del loro legame con certi giorni determinati condusse veramente per primo lo sciame enorme di esse che Olmstedt e Palmer osservarono nell' America settentrionale dal 12 al 13 nov. 1833, in cui affoltate in un luogo quai fiocchi di neve, ne caddero per non meno di 240,000 durante lo spazio di nove ore. Palmer in New-Haven rammemora la caduta di meteore del 1799, che Ellicot ed io abbiamo per primi descritta (72), e da ciò mercè il confronto ch' io feci di quanto erasi osservato, fu dimostrato che il fenomeno era stato veduto nel nuovo continente ad un tempo stesso, dall' equatore fino a New-Gernhut in Greonlandia (latitudine 64° 14) fra il 46° e 82° di longitudine. Si conosce con istupore l' identità delle due epoche. Il torrente di meteore che fu veduto in tutta la vôlta celeste dal 12 al 13 novembre 1833 da Giamaica fino a Boston (latitudine 40° 21'), si ripetè nel 1834 la notte dal 13 al 14 novembre negli Stati Uniti d' America, però con qualche minore intensità. In Europa la periodicità del fenomeno da quella volta in poi si confermò nel modo più regolare.

Una seconda apparizione di stelle cadenti la quale procede con eguale regolarità che il fenomeno di Novembre, è quella del mese di agosto, il torrente di S. Lorenzo (nei giorni 9-14). Muschenbroek alla metà del secolo decorso aveva

già fatto attenzione alla frequenza delle meteore nel mese di agosto (73); ma la loro periodica e sicura riproduzione all'epoca della festa di s. Lorenzo dimostrarono per primi Quetelet, Olbers e Benzenberg. Col tempo si potranno certamente scoprire ancora altre consimili periodiche apparizioni (74), forse all'epoca del 22 al 25 aprile, come fra il 6 e il 12 dicembre, e, per cagione delle effettive cadute di aeroliti annoverate da Capocci, all'epoca 27-29 novembre o 17 luglio.

Comunque pure indipendenti si sieno mostrati tutti i sino ad ora osservati fenomeni dall'altezza polare, dalla temperatura dell'aria ed altre climateriche circostanze, nulladimeno non è qui al tutto da trasandare un forse e soltanto accidentale fenomeno concomitante. Un' aurora boreale della più grande intensità accompagnava la più magnifica di tutte queste scene della natura, quella (12-13 novembre 1833) che Olmstedt ha descritta. Ciò fu anche osservato a Brema nel 1838, ove però la periodica caduta meteorica fu di minor rilievo che a Richmond presso Londra. Io ricordai parimente in un altro scritto le singolari osservazioni dell'ammiraglio Wrangel (75), che bene spesso ebbe ad affermarmele a voce, quelle sulle coste siberiche del mar Glaciale durante un'aurora boreale, in cui alcune regioni della vôlta celeste, che non risplendevano, ei vide accendersi e rimanere infocate, quando una stella cadente le traversava.

Le diverse correnti meteoriche, ciascuna composta da miriadi di piccoli corpi mondiali, tagliano probabilmente la nostra orbita terrestre, come fa la cometa di Biela. Le stelle cadenti asteroidali potrebbersi sotto questo aspetto figurare come formanti un anello chiuso e procedente nella stessa orbita comune. I così detti piccoli pianeti fra Marte e Giove ci presentano, ad eccezione di Pallade, nelle loro sì strettamente intrecciate orbite un' analoga corrispondenza. Se divarii di epoche nelle quali il torrente meteorico è a noi visibile,

se ritardi dei fenomeni ai quali io mi resi già da lungo tempo attento, dimostrino un regolare progredimento od un' oscillazione dei nodi (il punto d' intersezione dell' orbita terrestre e dell' anello), o se presso ineguali aggruppamenti e presso inegualissimi intervalli dei piccoli corpi fra essi ha una così rilevante larghezza la zona, che la Terra non prima di più giorni può tagliarla; sopra tutto ciò non è per anco da sentenziare. Il sistema lunare di Saturno ci mostra del pari un gruppo di corpi mondiali il più intimamente fra essi collegati d' immensa larghezza. In questo gruppo è l' orbita del più esterno (settimo) satellite d' un sì ragguardevole diametro, che la Terra nella di lei orbita girando intorno al Sole avrebbe mestieri di tre giorni onde percorrere un eguale spazio. Allorchè in uno dei chiusi anelli, che noi c' imaginiamo quali orbite delle dinotate correnti periodiche, gli asteroidi sono in tal guisa irregolarmente distribuiti, ch' entro vi abbiano solo pochi densamente stipati gruppi di sciami in movimento, si comprende il perchè risplendenti fenomeni, come quelli in novembre 1799 e 1833, sieno sommamente rari. Il sagace Olbers inclinava a predire il ritorno del grande fenomeno in cui piovvero stelle cadenti commiste a bolidi come fiocchi di neve, non prima dell' epoca dal 12 al 14 novembre 1837.

Talvolta l' apparizione degli asteroidi di novembre fu visibile in uno spazio ristretto della Terra. Così dimostrossi, per esempio, nel 1837 in Inghilterra con grande magnificenza come un' acquazzone meteorico (*meteorie shower*) nel mentre che un accuratissimo ed assai esercitato osservatore a Braunsberg in Prussia vide nella stessa notte, la quale colà fu mai sempre serena, dalle 7 di sera fino al levar del Sole, non altro che alcune poche sporadiche stelle cadenti Bessel conchiuse da ciò, « che un gruppo poco esteso del grande anello riempiuto di questi corpi sia giunto sino alla regione terrestre

in Inghilterra, mentre che un tratto di paese ad oriente attraversava una proporzionata vuota parte del meteorico anello (76) ». Ottenga la ipotesi di un regolare progredimento o di una oscillazione della linea dei nodi cagionata da perturbazioni probabilità maggiore, e le testimonianze delle antiche osservazioni guadagnano uno speciale interesse. Gli annali chinesi, nei quali accanto al fenomeno delle comete sono ben anco notate grandi apparizioni di stelle cadenti, risalgono sino oltre i tempi di Tirteo o della seconda guerra messenia. Essi descrivono due di tali fenomeni nel mese di marzo, de' quali uno è per ben 687 anni più antico dell'era cristiana. Eduardo Biot ha di già osservato che, fra i cinquantadue fenomeni ch' egli raccolse negli annali chinesi, sarebbero i più frequenti a riprodursi quelli che potrebbero corrispondere circa al 20-22 luglio (vecchio stile) e quindi benissimo essere il torrente di S. Lorenzo che ora sarebbe avanzato (77). Da Boguslawski figlio fu scoperta negli annali della chiesa di Praga (*Benessii de Horowic Chronicon Ecclesiae Pragensis*) una caduta di stelle del 21 ottobre 1366 (vecchio stile) a cui corrisponderebbe il nostro attuale fenomeno di novembre, ma in allora veduto di chiaro giorno; cosicchè la precessione di 477 anni ci assenna che questo sistema di stelle cadenti (cioè il suo più comune punto di gravità) descrive una retrograda orbita intorno al Sole. Deriva pure dalla qui sviluppata teoria che quando si danno anni nei quali ambo le sino ad ora avvenute apparizioni (quelle di novembre e di S. Lorenzo) non vengono osservate in nessuna parte della terra, la cagione di ciò consiste nella interruzione dell' anello (cioè nei vacui che lasciano fra essi i successivi gruppi asteroidiali) o, come vuole Poisson (78), nell' azione dei pianeti maggiori sopra la forma e la posizione dell' anello.

Le masse compatte che si vedono cadere sulla terra, nottetempo da bolidi, di giorno, e specialmente a cielo sereno, da

una piccola oscura nube con molto fragore e considerevolmente infocate (non per altro incandescenti) mostrano in complesso, secondo la loro forma esterna, la natura del loro anello e la chimica composizione delle loro parti principali, un indubitabile carattere comune. Esse mostrano la medesima cosa in tutte quelle che si sono raccolte per secoli e nelle più diverse regioni della terra. Ma una così singolare e per lo innanzi asseverata fisionomica uguaglianza delle compatte masse meteoriche soffre negl'individui più di un'eccezione. Quanto sono differenti le facilmente malleabili ferree masse di Hradschina nel comitato di Agram, o quelle delle sponde del Sisimo nel governo di Jeniseisk, le quali divennero rinomate per opera di Pallas, o quelle ch'io portai meco dal Messico (79), le quali tutte contengono 96/100 di ferro, dagli aeroliti di Siena, il cui contenuto di ferro ammonta appena a 2/100, dalle terree meteoriche pietre cadute nell'acque di Alois (dipartimento del Gard), e di Jonzac e Juvenas, le quali, senza ferro metallico, presentano un divisibile orittognostico miscuglio, cristalline separate parti! Questa diversità condusse alla divisione delle cosmiche masse in due classi, ferro meteorico contenente nickel, e meteoriche pietre di fina o grossa grana. È assai caratteristico lo strato grosso di soli pochi decimi di millimetro spesso rilucente a guisa di pece, talvolta venato (80). Esso è sino ad ora, per quanto io mi sappia, mancato solo nella pietra meteorica di Chantonnay (Vandea), la quale al contrario, cosa rara, mostra pori e rigonfiamenti come nell'aerolito di Juvenas. Ovunque è la nera crosta dalla massa grigio-chiara del pari così spiccatamente distinta come il nero o di plumbeo colore involucro del bianco masso di granito (81), ch'io portai meco dalle cateratte dell'Orenoco, e di quelli che sono proprii di molte altre cateratte della terra, per esempio, del Nilo e del fiume Congo. Nei più ardenti fuochi delle fornaci da porcellane non si può nulla produrre che sia

simile alla così netta scorsa spiccata dalla inalterata massa degli aeroliti. Vuolsi però avere osservato qua e là tanto da poter dedurre un tal qual morbido impasto dei frammenti; ma in generale le qualità della massa, la mancanza di schiacciamento per la caduta, e il poco calore al primo tatto di pietre meteoriche appena cadute non dinotano per nessun conto che la loro massa interna sia stata in fusione nel rapido loro tragitto dai confini dell' atmosfera fino alla superficie della terra.

I chimici elementi dei quali sono composte le masse meteoriche e sulle quali Berzelius sparse una sì gran luce sono i medesimi che noi riconosciamo nella nostra terra: otto metalli (ferro, nickel, cobalto, manganese, cromo, rame, arsenico e stagno); cinque terre, potassa, soda, solfo, fosforo e carbone; in totale un terzo di tutti i sino ad ora conosciuti così detti corpi semplici. Malgrado questa conformità delle ultime parti costitutive, nelle quali vengono chimicamente decomposti i corpi non organici, ha tuttavia l' aspetto delle masse meteoriche, in causa del modo d'aggregazione delle loro parti componenti, in generale qualche cosa di estraneo alle specie minerali delle nostre montagne e di dissimile dalle masse delle nostre pianure. Il ferro nativo frammischiato in quasi tutte dà loro un particolare ma non perciò selenetico carattere; imperocchè anche in altri spazii e corpi mondiali, fuori della Luna, può benissimo mancare del tutto l' acqua e possono essere assai rari i processi d' ossidazione.

Le cosmiche vessichette viscose, le organiche masse simili alla *tremella nostoc*, le quali vengono attribuite fin dal medio evo alle stelle cadenti, le piriti di Sterlitamak (al ponente dei monti Ural) il cui interno supponevasi formato di pallottoline di gragnuola (82), appartengono ai miti della meteorologia. Soltanto la tessitura fina e granita, soltanto la mescolanza di olivina, augite e labrador (83) danno ad alcuni

aeroliti (per esempio quello di Juvenas, dipartimento dell'Ardèche, abbastanza simile alla dolerite), come osservò Gustavo Rose, una più nostrana apparenza. Essi contengono cristalline sostanze del tutto simili a quelle della nostra terra, e nelle masse di ferro meteorico della Siberia, citate da Pallas, si contradistingue l'olivina solo per mancanza di nickel, il quale colà è sostituito dall'ossido di stagno (84). Essendo che la olivina meteorica, come il nostro basalto, contiene da 47 fino a 49/00 di magnesia, e nelle pietre meteoriche, secondo Berzelius, forma più della metà delle parti terrose costitutive, non devesi stupire della grande quantità di silicati di magnesia in queste cosmiche masse. Se l'aerolito di Juvenas contiene separabili cristalli d'augite e di labrador, si può ritenere per minimo probabile, giusta la numerica proporzione delle parti costitutive, che le masse meteoriche di Château-Renard, sono una diorite composta di hornblenda e d'albite, e che quelle di Blansko e Chantonnay sono un miscuglio di hornblenda e di labrador. Le dimostrazioni che si vogliono dedurre dalle testè riferite orittagnostiche analogie, in favore d'una tellurica ed atmosferica origine degli aeroliti, non mi sembrano di gran valore. Perchè, ed io potrei richiamarmi al memorabile colloquio di Newton e di Conduit a Kensington (85), le sostanze le quali appartengono ad uno stesso gruppo di corpi mondiali, ad un medesimo sistema planetario, non potrebbero essere identiche in gran parte? Perchè non può egli essere, quando è permesso di supporlo, che questi pianeti come tutte le più grandi e le più piccole conglobate masse circolanti intorno al Sole, siensi disgregati dalla propria un tempo molto dilatata atmosfera solare, come dagli anelli vaporosi i quali in origine descrivevano il loro corso circolare intorno al corpo centrale? Noi non siamo, cred'io, più esatti nel nominare nickel e ferro, olivina e pirosseno (augite) esclusivamente terrestri sostanze nelle

pietre meteoriche, di quello che io col permettermi di designare piante tedesche ch' io trovai al di là dell' Ovy quali specie europee della nord-asiatica flora. Essendo in un gruppo di corpi mondiali di svariate grandezze le medesime sostanze elementari, perchè non debbono elleno anco, seguendo la loro mutua attrazione, in conseguenza di determinate circostanze di mistione, potere dar forma, nella zona polare di Marte, a smaglianti nevi e ghiaccio, in altre, a minori masse cosmiche montanesche racchiudenti cristalli di olivina, augite e labrador? Nemmeno nelle regioni delle semplici congetture deve uno sgregolato condiscendente arbitrio farsi tiranno di ogni induzione delle opinioni.

I meravigliosi, non per vulcaniche ceneri od elevati fumi (fumi paludosi) definibili oscuramenti del disco solare, mentre in pien meriggio si videro stelle (come nei tre giorni di oscurazione nell'anno 1547 circa il tempo della fatale battaglia di Mühlberg) furono da Keplero ascritti ora ad una materia cometica, ora ad una nera nube da fuliginose esalazioni del corpo solare generata. Oscuramenti più brevi, di tre e sei ore negli anni 1090 e 1203, dichiararono Chladni e Schnurrer essere prodotti dal passaggio di meteoriche masse. Dopo che le pioggie di stelle cadenti, secondo la direzione della loro orbita, considerate furono come un non interrotto anello, le epoche di quelli arcani fenomeni celesti ravvisate vennero in una curiosa connessione coi regolari ritorni delle pioggie anzidette. Adolfo Erman ebbe ad osservare, in seguito a molte accurate ricerche e ad un esatta analisi di finora raccolti fatti, la coincidenza della congiunzione del Sole tanto con gli asteroidi d'agosto (7 febbraio), quanto cogli asteroidi di novembre (12 maggio, al tempo giusta la credenza popolare dei famosi freddi giorni san Mamerto, san Pancrazio e Servasio) (86).

I greci filosofi naturalisti, la più parte poco inclinati all'osservazione, ma si ardenti e si fecondi nelle differenti spie-

gazioni del vero che avevano mezzo intraveduto, hanno lasciato sopra le stelle cadenti e sopra le pietre meteoriche opinioni delle quali alcune singolarmente concordano con quanto ora viene abbastanza generalmente ammesso dalla cosmica teoria dell'origine di tali fenomeni. « Le stelle, dice Plutarco nella vita di Lisandro (87), che discorrere si veggono, non sono già, secondo l'opinioni di alcuni, strosce e lambimenti del fuoco etereo il quale nell'aere appena seguita l'accensione, si estingua, nè un incendimento e un'infiammazione dell'aere stesso, che per la troppa quantità schizzi e si sprigioni nella regione superiore, ma sono in effetto cadute di corpi celesti che quasi per un certo rallentamento della vibrazione e del moto vertiginoso, alle scosse che lor vengono date giù calano, non già sempre sulla terra abitata, ma per lo più fuori di essa in mezzo al vasto mare, ond'è che tali cadute vengono ad esserci ignote. » Più chiaramente si spiega Diogene d'Apollonia (88). Secondo il suo vedere, « muovonsi, unitamente alle visibili, invisibili stelle che per ciò appunto non hanno alcun nome. Queste cadono spesso dall'alto sopra la terra o si spengono, come quella presso Egos Potamos pietra stellare che cadde abbasso infocata. » Il filosofo d'Apollonia, il quale parimente ha in conto di corpi di pietra pomice tutte le altre stelle (le lucenti), appoggia probabilmente la sua opinione di stelle cadenti e di masse meteoriche sopra la teoria di Anassagora di Clazomene, il quale suppose essere tutte le costellazioni (tutti i corpi nello spazio mondiale) « frammenti di rocce che l'infocato etere nella forza del suo movimento rotatorio ha divelto dalla terra, acceso e trasformato in stelle ». Nella ionica scuola perciò, secondo l'opinione di Diogene d'Apollonia, com'essa ci viene riferita, aeroliti ed astri sono posti in una e medesima classe: sono entrambi d'una primordiale origine uguale alla terrestre, ma solo in questo senso che la terra, come corpo centrale, ha

dato ella un giorno forma a tutti quelli che l'attorniano (89), nella stessa guisa, secondo le odierne nostre idee, che i pianeti di un sistema derivano dalla dilatata atmosfera d'un altro corpo centrale, il Sole. Queste idee non sono quindi da confondere con ciò che comunemente si chiama la tellurica o l'atmosferica origine degli aeroliti, nè tampoco con la singolare opinione d'Aristotele, secondo cui l'enorme masso di Egos Potamos sarebbe stato sollevato da un impeto di vento.

Un presontuoso pertinace scetticismo, che rigetta i fatti senza pur volerli scrutare, è sovente quasi ancora più dannoso che una credulità destituta d'ogni critica. Amendue sono d'impedimento allo acuire delle disquisizioni. Quantunque da venticinque secoli gli annali dei popoli narrino di pietre cadute, ed abbianvi parecchi esempi di esse fondati sopra le più sicure irrefragabili testimonianze oculari, i Betili che una parte importante formarono del culto delle meteore appo gli antichi, ed i compagni di Cortez che videro a Colula l'aerolito ch'era caduto sulla piramide vicina; quantunque califfi e principi mongolli delle meteoriche pietre di fresco cadute abbiano fatto fabbricare lame di spade, uomini sieno stati morti da pietre cadute dal cielo (un frate a Crema il 4 settembre 1511, un altro monaco a Milano 1650, due marinai svedesi in una nave 1674); con tutto ciò ancora insino a Chladini, il quale si è nella fisica acquistato un merito non perituro con la scoperta delle sue linee nodali, un così grande cosmico fenomeno quasi inosservato nell'intima sua colleganza col rimanente sistema planetario sconosciuto rimase. Non può per altro questa correlazione passare inavvertita agli occhi di chi non è indifferente alle grandi impressioni della natura: nè soltanto le brillanti apparizioni dei meteorici sciami, come nel fenomeno di novembre e nella notte di S. Lorenzo, ma sì ancora lo sfolgorare d'una sola di tali

stelle è bastevole a destare gravi meditazioni. Qui il movimento sorge improvviso sulla scena del cielo in mezzo alla notturna calma. Ei si rivela brillante allo sguardo nel tranquillo splendore del firmamento. Dovunque con mite luce la traccia delle cadenti stelle sfavilla, rende sensibile nella celeste vôlta l'imagine d'un'orbita tralunga; gl'infiammati asteroidi ci ricordano l'esistenze d'una materia che riempie dapertutto gli spazii mondiali. Paragonando noi il volume del più interno satellite di Saturno o quello di Cerere con l'enorme volume del Sole, sparisce nella nostra imaginativa ogni relazione di grande e di piccolo. Di già lo spegnimento improvviso di fiammeggianti stelle in Cassiopea, nel Cigno e nel Serpentario tragge all'ipotesi d'oscuri corpi mondiali. In piccole masse conglobate, girano le cadenti stelle asteroidi intorno al Sole, tagliano a guisa di comete le orbite dei rilucenti grandi pianeti, e s'accendono vicino alla superficie della nostra atmosfera o ne' suoi strati superiori.

Con tutti gli altri corpi mondiali, con l'intera natura al di là della nostra atmosfera noi non siamo in corrispondenza che per mezzo della luce, per mezzo dei raggi del calore, i quali con la luce hanno sì intimo legame (90), e mediante quell'arcana forza attrattiva che le masse lontane secondo la quantità del loro solido volume esercitano sul nostro globo, sull'oceano e sugli strati dell'aere che ne circonda. Una tutto diversa maniera di cosmica comunicazione e in retto senso propriamente materiale ravvisiamo noi nella caduta delle stelle cadenti e delle meteoriche pietre, quando le consideriamo come asteroidi planetarii. E' non sono più corpi i quali operano di lontano solamente coll'azione di luminose o calorifere vibrazioni, o pure che per attrazione muovono e vengono mossi: e'sono materiali corpi effettivi che dallo spazio mondiale pervengono al nostro globo e vi restano. Noi riceviamo per mezzo loro l'unico possibile contatto di ciò ch'è estra-

neo al nostro pianeta. Avvezzi a conoscere tutte le non telluriche cose soltanto per via di misure, di computi e di raziocinio, siamo ammirati di poter palpare, pesare, analizzare ciò che all' esterno mondo appartiene. Per tal guisa si effettua nella nostra fantasia una riflessiva, spirituale vivificazione del senso, là dove quello del vulgo non altro vede che scintille spegnentisi sulla vôlta del sereno cielo in una nera pietra la quale da scoppiante nube precipita abbasso, non altro vede che il rozzo prodotto d'una selvaggia forza di natura.

Se gli sciami di asteroidi, sui quali ci siamo con predilezione a lungo soffermati, per le loro piccole masse e la varietà delle loro orbite si collegano con le comete, ne differiscono al contrario d'un modo essenziale per questo, che noi impariamo a conoscere la loro esistenza quasi solo al momento della loro distruzione, quando essi dalla terra incatenati risplendono e pigliano foco. Volendo però abbracciare tutto ciò che appartiene al nostro sistema solare il quale dopo la scoperta dei piccoli pianeti, delle comete interne a breve periodo e delle meteore-asteroidi si mostra sì complicato e ricco di forme, ci resta a parlare dell'anello di luce zodiacale di cui abbiamo già prima fatto più volte menzione. A chi passò lunghi anni nella zona dei palmizii rimane una dolce rimembranza del mite splendore con cui la luce zodiacale, che a guisa di piramide ascende illumina una parte delle sempre uguali lunghi notti dei tropici. Io l'ho veduta, e veramente non solo sulla vetta delle Ande all'altezza di 3000 o 4000 metri ove l'aere è sì puro e sottile, ma anche nelle sconfinate praterie (*Llanos*) di Venezuela, come alla spiaggia del mare, sotto il sempre sereno cielo di Cumana, risplendere talvolta intensamente non altrimenti che la via lattea nel Sagittario. Di una particolare bellezza è però il fenomeno, quando una leggiera nuvoletta si protende sulla luce zodiacale e spicca pittorescamente dal fondo luminoso. Un passo del mio

diario tragittando da Lima alla costa occidentale del Messico fa menzione di questo scherzo dell'atmosfera. Da tre o quattro notti (fra 10° e 14° di latitudine settentrionale) vedo la luce zodiacale in una magnificenza, come non mi è apparsa giammai. In questa parte del mare del Mezzodì, anche dalla fulgidezza delle stelle e delle nebulose, straordinaria è da giudicarsi la trasparenza dell'atmosfera. Dal 14 fino al 19 di marzo regolarissimamente 3/4 d'ora dopo che il disco del Sole erasi tuffato nel mare, non iscorgevasi traccia alcuna di luce zodiacale, benchè fosse oscurità perfetta. Un'ora dopo il tramonto del Sole essa era visibile ad un tratto con grande magnificenza tra Alderabano e le Pleiadi; il 18 marzo aggiunse 39° 5′ d'altezza. Leggiere allungate nubi si mostravano sparpagliate e d'una bella tinta turchina in fondo all'orizzonte, come ad un tappeto giallo: altre più sopra pingevansi di tempo in tempo a varii colori. Pareva di vedere un secondo tramonto del Sole. Verso quella parte della vôlta celeste il chiarore della notte sembravaci allora aumentare quasi come nel primo quarto della luna. Verso 10 ore la luce zodiacale qui nel mare del Mezzodì era già più debole, a mezzanotte ne vedevo solamente una traccia. Quando essa al 16 di marzo risplendeva più fulgida, si scorgeva verso oriente una debole riverberazione di luce. » Nelle nostre torbide, così dette temperate, nordiche zone non è la luce zodiacale veramente ben visibile che in principio di primavera dopo il crepuscolo vespertino sopra l'orizzonte occidentale, e sul finire dell'autunno avanti il crepuscolo mattutino all' oriente.

Si dura fatica a comprendere come un fenomeno di natura così singolare non abbia avanti la metà del secolo XVII attirato l' attenzione dei fisici e degli astronomi, come possa essere sfuggito agli Arabi i quali hanno tanto osservato nell'antica Battriana, sull'Eufrate e nel mezzodì della Spagna. Quasi eguale meraviglia desta la tardiva scoperta delle nebu-

lose di Andromeda e di Orione, che primi Simone Mario ed Huygens hanno descritte. La prima veramente chiara descrizione della luce zodiacale è contenuta nella *Britannia Baconica* di Childrey (91) dell' anno 1661; la prima osservazione può essere stata fatta due o tre anni avanti; rimane però a Domenico Cassini il merito incontrastabile d' avere anzi tutti (in primavera 1683) scrutato il fenomeno in tutte le sue più ample relazioni. Quello ch' egli nel 1668 vide in Bologna, e nello stesso tempo il celebre viaggiatore Chardin in Persia (gli astrologhi d' Ispahan chiamavano la da essi non per l' innanzi osservata luce *nyzech*, una piccola lancia), non era come si è sovente sostenuto (92), la luce zodiacale, ma l' enorme coda d'una cometa, il cui nucleo era nascosto per entro ai vapori dell' orizzonte, e la quale doveva avere molta simiglianza per posizione ed aspetto con la grande cometa, del 1843. Con non minore verosimiglianza si può congetturare, che la memorabile luce piramidale sorgente dalla terra, la quale sull' orizzonte orientale dell' altipiano del Messico nel 1509 fu per quaranta notti osservata, e di cui io trovai menzione in un manoscritto degli antichi Atzechi nella reale biblioteca di Parigi (*Codex Telleriano-Remensis*), fosse zodiacale (93).

Il fenomeno antichissimo, scoperto in Europa da Childrey e Domenico Cassini, non è la rilucente atmosfera medesima del Sole dacchè questa per le meccaniche leggi non ha schiacciamento che in ragguaglio di 2:3, e quindi non può essere dilatata che fino a 9/20 del raggio dell' orbita di Mercurio. Queste medesime leggi stabiliscono pure che per un mondiale corpo roteante sopra il suo equatore, l' altezza dei limiti estremi dell' atmosfera, il punto cioè dove la gravità e la forza centrifuga sono in equilibrio, è solamente quella in cui un satellite, contemporaneamente con la rivoluzione degli assi del corpo centrale, gira a questo intorno (94). Una tale limita-

zione della solare atmosfera nel presente suo stato di concentramento diventa in particolar modo sorprendente quando si paragona il corpo centrale del nostro sistema col nucleo di un' altra nebulosa. Herschel ne ha trovato parecchie in cui il semi-diametro della nebulosità, che circonda la stella, apparisce sotto un angolo di 150'. Nella ipotesi d'una parallasse, che non arriva interamente a 1", si trova lo strato estremo della nebulosità di una tale stella 150 volte più lontano dal suo centro che non è la Terra dal Sole. Stando la stella nebulosa dunque nel posto del nostro Sole, la sua atmosfera non solamente inchiuderebbe l'orbita d'Urano, ma si estenderebbe ancora otto volte più lontano di questa (95).

Sotto l'appunto rappresentato angusto limite dell'atmosfera solare, è con molto più probabilità da considerare, qual materiale cagione della luce zodiacale, l'esistenza fra l'orbita di Venere e quella di Marte d'un anello schiacciatissimo di vaporosa materia formato e liberamente roteante nello spazio mondiale (96). Delle sue proprie sostanziali dimensioni, del suo ingrandirsi mediante l'efflusso (97) delle code di molte miriadi di comete che giungono in vicinanza del Sole, della singolare mutabilità della sua dilatazione, poichè sembra talvolta non estendersi più oltre dell'orbita terrestre, finalmente della probabile intima sua colleganza col vapore mondiale più condensato nella prossimità del Sole, nulla per ora di ben sicuro è dato di riferire. Le gazeiformi particelle, di cui l'anello è composto e che secondo le planetarie leggi circolano intorno al Sole, possono risplendere da sè od essere dal Sole illuminate. Anche una terrestre nebbia (e questo fatto è assai notevole) si è veduta, nel 1743 al tempo del novilunio a mezzo la notte, così fosforescente, che si potevano raffigurare gli oggetti chiaramente alla distanza di 200 metri (98).

Nel clima tropicale dell'America meridionale la variabile intensità della luce zodiacale ha talvolta eccitato il mio stu-

pore. Poichè io interi mesi passai sulla sponda dei fiumi e nelle praterie (*Llanos*) le serene notti all'aria aperta, ebbi così opportunità di osservare il fenomeno con attenzione. Quando la luce zodiacale era giunta propriamente alla sua massima intensità, diventava qualche volta pochi minuti dopo notabilmente fiacca, fino a che di repente ripigliava il suo pieno splendore. In qualche caso io credo, non mai un colore rossiccio, o l'oscuramento d'un tal qual arco inferiore, nè tampoco un getto di scintille, come pretende Mairan, ma sì bene notai una specie di ondulazione e di corruscamento. Si operano forse allora mutamenti nello stesso anello vaporoso? O non è egli più verosimile che mentre io ne' meteorologici stromenti non m'accorgevo d'alcuna variazione di calore o d'umidità nelle regioni inferiori dell'atmosfera, mentre anzi una piccola stella di 5.ª o 6.ª grandezza mi pareva risplendere d'una più eguale e meno fiacca intensità di luce, avvenissero nei superiori strati dell'aere condensazioni, le quali d'una peculiare ed a noi ignota maniera modificassero la trasparenza o più tosto la riflessione della luce? In favore dell'ipotesi di tali meteorologiche cagioni al limite della nostra atmosfera parlano pure « le scintillazioni e pulsazioni, osservate dallo perspicace Olbers (99), le quali si propagano a tutta la coda d'una cometa in pochi secondi, e per le quali essa di più gradi ora si dilata, ora di nuovo si raccorcia. Siccome le parti d'una sola coda lunga milioni di leghe molto inegualmente distanno dalla Terra, così secondo le leggi della velocità e propagazione della luce non potrebbero in sì breve intervallo venirci vedute le effettive mutazioni in un corpo mondiale ch'empie una sì vasta estensione. » Queste considerazioni non implicano in verun modo la realtà delle variete emanazioni negli addensati involucri del nucleo d'una cometa, nè la realtà d'improvvisi rasserenamenti della luce zodiacale per mezzo d'interno molecolare movi-

mento, per mezzo di aumentata o diminuita riflessione di luce nel cosmico vapore degli anelli luminosi; esse debbono soltanto far avvertire alla differenza tra ciò che appartiene all'aere celeste (allo stesso spazio mondiale) e quello ch'è proprio agli strati della terrestre atmosfera mercè la quale vediamo. Ciò poi che succede nel limite superiore della nostra atmosfera, limite per più motivi controverso, fatti bene osservati mostrano come sia pur sempre compiutamente a chiarire. La maravigliosa lucidezza delle notti in cui nelle latitudini d'Italia e dell'Allemagna settentrionale nell'anno 1831 si poteva leggere a mezzanotte caratteri minuti, sta in aperta contraddizione con tutto quello che secondo le più nuove e le più dotte ricerche sopra la teoria crepuscolare e sull'altezza dell'atmosfera sappiamo (100). Da condizioni ancora poco scrutate dipendono i fenomeni della luce, la cui mutazione nel limite crepuscolare, come nella luce zodiacale, ci cagiona stupore.

Noi abbiamo fin qui considerato ciò che al nostro Sole appartiene, il mondo delle formazioni, che da esso viene regolato, i principali e subalterni pianeti, le comete di breve e di lungo periodo, gli asteroidi meteoriformi, che sporadici od in anello continuo, come in torrente affoltati si movono; per ultimo un risplendente anello nebuloso, il quale vicino all'orbita terrestre gira intorno al Sole, ed a cui, stante la sua posizione si può conservare il nome di luce zodiacale. Dovunque domina la *legge della periodicità* nei movimenti, per quanto diversa sia la misura della velocità di proiezione o la quantità del conglobato volume di materia; soltanto gli asteroidi, i quali dallo spazio mondiale cadono nella nostra atmosfera, possono nel corso de' loro planetarii rivolgimenti essere trattenuti e trasportati ad un pianeta più grande. Nel sistema solare, di cui la forza attraente del corpo centrale determina i confini vengono le comete ricondotte nelle loro el-

littiche orbite di rivoluzione fino dalla lontananza di 44 raggi dell'orbita d'Urano; e fin anco in quelle comete il cui nucleo, per la scarsa massa che lo compone, ci apparisce come una errante cosmica nube, un tal nucleo, in virtù della sua attrazione, incatena eziandio le parti estreme della coda che defluisce per la lunghezza di molti milioni di leghe. Così le forze centrali sono quelle che costituiscono e quelle altresì che mantengono un sistema.

Il nostro Sole, può per riguardo a tutti i grandi e piccoli, densi e nebulosi corpi mondiali che intorno a lui compiono le loro periodiche rivoluzioni, essere considerato quasi come in riposo; tuttavia gira intorno al comune punto di gravità dell'intero sistema, il qual punto cade talvolta in lui stesso, vale a dire, malgrado le mutabili posizioni dei pianeti si mantiene talvolta nella sua corporea circonferenza. Affatto diverso da questo fenomeno è il movimento di traslazione del Sole, il progressivo movimento del punto di gravità dell'intero sistema solare nello spazio mondiale. Esso procede con tale una celerità, che, secondo Bessel, il moto relativo del Sole e della 61.ª stella del Cigno non è minore di 619000 miriametri al giorno (101). Questo spostamento di tutto il solare sistema ci sarebbe ignoto se mediante l'ammirabile esattezza degli attuali astronomici istromenti di misura, e mediante i progressi dell'osservatrice astronomia, non ci si rendesse sensibile il moversi degli astri più lontani, simili agli oggetti di un'apparente mobile sponda. Il movimento proprio della 61.ª stella nella costellazione del Cigno è, a cagion d'esempio, sì notevole, che in 700 anni può già essere accresciuto fino ad un intero grado.

La misura o la quantità di tali mutazioni nel firmamento (mutazioni nelle relative posizioni delle per sè rifulgenti stelle l'una rispetto all'altra) è determinabile con più certezza di quello che sia assegnare la genesi del fenomeno stesso.

Quando pur anche si deduca ciò che appartiene alla processione degli equinozii ed alla nutazione dell' asse terrestre, come conseguenza dell' influsso del Sole e della Luna sulla forma sferoidale della Terra, e ciò che spetta alla propagazione o sia aberrazione della luce ed alla parallasse prodotta dalla diametrale opposta posizione della Terra nel suo giro intorno al Sole; tuttavia in quanto resta di permanente movimento annuale delle stelle fisse è pur sempre mai insieme contenuto ciò ch' è la conseguenza della traslazione dell' intero sistema solare nello spazio mondiale, e la conseguenza dell' effettivo movimento proprio degli astri. La difficile numerica separazione di questi due elementi del moto proprio e dello apparente è stata fatta mediante l' accurato calcolo delle direzioni nel moto di singole stelle, e mercè la possibile considerazione, che se tutti gli astri fossero nel più assoluto riposo, e' s' allontanerebbero prospettivamente dal punto verso cui il Sole dirige il suo corso. Il risultamento finale dell' esame che il calcolo delle probabilità conferma, è stato di sapere che tanto il nostro sistema solare quanto le stelle cangiano di sito nello spazio mondiale. Giusta le eccellenti ricerche di Angelander, il quale (in Abo) ha ampliato e mirabilmente perfezionato i lavori intrapresi da Guglielmo Herschell e Prevost, il Sole si muove verso la costellazione di Ercole, ed anzi più probabilmente là verso un punto che risponde alla combinazione di 537 stelle (per l'equin. del 1792, 5) a 257° 49, 7 A. R; + 28° 49′, 7 di declinazione (102). Erano ricerche queste della maggiore difficoltà, trattandosi di separare il movimento assoluto dal relativo e di determinare ciò che appartiene al solo sistema solare.

Ove si ponga mente ai movimenti proprii degli astri, scevri da riguardi di prospettiva, molti ne appariscono a guisa di gruppi opposti nella loro direzione; ed i fin qui raccolti fatti rendono il men che sia necessario di ammettere,

che tutte le parti del nostro sidereo strato o pur del tutto le complesse isole stellari ch' empiono lo spazio mondiale, si movano intorno ad un grande, ignoto, luminoso od opaco corpo centrale. Certamente che ad una tale ipotesi inchina la riflessiva attività, lr fantasia dell'uomo, sì curioso di penetrare le ultime e più recondite cause fondamentali. Di già lo Stagirita aveva detto: « tutto ciò che vien mosso riconduce ad un movente, e non altro che un prolungarsi infinito di cause si darebbe senza un primo *immobile motore* (103). »

Le mutazioni di luogo sì diverse, e come a gruppi, delle costellazioni, non le parallatiche, dipendenti dallo spostamento dell' osservatore, ma le effettive, nello spazio mondiale di continuo progredienti, ci rivelano, a non potersi contraddire, mediante una classe di fenomeni, mediante il movimento delle stelle doppie, mediante la misura dei loro tardi o celeri movimenti nelle varie parti delle loro ellittiche orbite, il dominio delle leggi di gravitazione al di là del nostro sistema solare, nelle più lontane regioni del creato. L' umana curiosità non ha più bisogno su questo campo di cercare d' appagarsi, perdendosi in vaghe congetture, nell' infinito mondo ideale delle analogie. Essa è, mercè i progressi della osservatrice e calcolatrice astronomia, finalmente anche qui giunta sul sicuro cammino. Non è tanto il numero delle stelle doppie o moltiplici già trovate (circa 2800 fino all' anno 1837), giranti intorno ad un esterno loro comune punto di gravità, ciò che eccita stupore; è l' ampliamento delle nostre cognizioni sulle forze fondamentali dell' intero universo, sono le prove dell' universalmente sparsa potenza dell' attrazione de' corpi, le quali appartengono alle più splendide scoperte dell' età nostra. I tempi di rotazione delle biscolari gemine stelle mostrano le più spiccate differenze; essi durano dai 43 anni, come in η della Corona, fino a più migliaia, come per 66 della Balena, 38 dei Gemelli e 100 dei Pesci. Do-

po le misure di Herschell nell' anno 1782 il satellite più vicino nel triplice sistema di ξ del Granchio ha oramai compito più che una rivoluzione intera. Combinando convenientemente le variate distanze e l'angolo di posizione (104), si trovano gli elementi delle orbite, anzi si giunge a determinare l' assoluta distanza delle duplici stelle dalla Terra ed il parallelo delle loro masse con la massa del Sole. Se però qui e nel nostro sistema solare la quantità della materia sia l'unica misura della forza attraente, o se in pari tempo l' attrazione operante possa essere specifica, non proporzionale alla massa come Bessel ha dimostrato, è un quesito la cui soluzione resta riserbata al più tardo avvenire (105).

Se noi nel lentiforme siderico strato di cui siam parte, paragioniamo il nostro Sole con le altre così nomate stelle fisse, vale a dire con altri soli splendenti di propria luce, troviamo almeno per alcuni aperta la via che in qualche possibile guisa, entro certi limiti estremi, può guidare alla cognizione della loro lontananza, del loro volume, della loro massa e della celerità di traslazione. Prendiamo la distanza di Urano dal Sole di diecinove raggi terrestri, vale a dire diecinove distanze del Sole dalla Terra, ed il corpo centrale del nostro sistema sarà distante dalla stella α nella costellazione del Centauro 11900 di tali unità, dalla 61 nella costellazione del Cigno quasi 31300, da α nella costellazione della Lira 41600. La comparazione del volume del Sole col volume delle stelle fisse di prima grandezza è un elemento ottico il più mal fido, dipendendo dal loro diametro apparente. Ammettasi ora con Herschell l' apparente diametro di Arturo sol anche per un decimo di minuto secondo, ne risulta tuttavia l' effettivo diametro di questo astro undici volte ancora maggiore di quello del Sole (106). La distanza della 61 stella del Cigno, conosciuta in grazia di Bessel, ha approssimativamente condotto alla conoscenza della quantità di sostanziali parti ch' essa co-

me doppia stella contiene. Per verità, dopo le osservazioni di Bradley la porzione dell' apparente orbita trascorsa non è ancora sufficiente per poter pronunciare con precisione sulla vera orbita ed il semidiametro maggiore stesso; laonde è ancora al celebre astronomo di Conigsberga verosimilmente dovuto, « che la massa di questa doppia stella non è notabilmente più piccola o più grande della metà della massa del nostro Sole (107). » Il risultato è questo di una misurazione effettiva. Analogie dedotte dalla massa più grande dei pianeti provveduti di satelliti del nostro solare sistema, e dal fatto che Struve trovò sei volte più stelle doppie tra le stelle fisse risplendenti che tra le telescopiche, hanno indotto altri astronomi a congetturare che la massa del maggior numero delle stelle appaiate, all'indigrosso, superi la massa solare (108). Per lungo tempo ancora non è sperabile di ottenere intorno a ciò risultamenti generali. Circa il moto proprio nello spazio mondiale, il nostro Sole, secondo Argelander, appartiene alla classe delle stelle fisse di cui ragguardevole è il movimento.

L' aspetto del costellato cielo, le posizioni relative degli astri e delle nebulose, come lo scompartimento delle loro masse luminose, il pittoresco spettacolo di tutto il firmamento poi ch' io oso valermi di una tale espressione, hanno da migliaia d' anni la simmetrica loro dipendenza da varie cagioni; sono desse l' effettivo moto proprio degli astri e delle nebulose lucenti, la traslazione del nostro sistema solare nello spazio mondiale, l' isolato accendersi di nuove stelle, l' indebolirsi o l' improvviso sparire di altre, finalmente e sopratutto le mutazioni che l' asse terrestre prova per effetto dell' attrazione del Sole e della Luna. Le belle stelle del Centauro e della Croce del mezzodì forse un giorno si renderanno visibili nelle nostre latitudini boreali, mentre altre stelle (Sirio e la Cintura di Orione) allora non lo saranno più. Il tranquillo nordico polo verrà successivamente contrassegnato dalle

stelle di Cefeo (β e α) e del Cigno (δ), fino a che in 12000 anni Vega della Lira apparirà come la più magnifica di tutte le possibili stelle polari. Queste vedute ci rendono sensibile la grandezza di movimenti, i quali procedono con infinita lentezza senza interruzione, come un eterno orologio dell'universo. Imaginiamoci, per un sogno della fantasia, l'acume del nostro senso assottigliato in modo sopranaturale oltre gli estremi limiti della telescopica visione, stringere insieme ciò che per grandi intervalli di tempo è disgiunto, ed ecco di repente dileguarsi ogni riposo degli enti nello spazio; ecco le innumerevoli formicolanti stelle moversi in gruppi secondo varie direzioni; le nebulose volteggiare quali cosmiche nubi, condensarsi e sperdersi; la via lattea dirompersi in separati punti, squarciare il suo velo: il movimento regna da per tutto nella vôlta celeste, non altrimenti che alla superficie della terra nel germinare, nello spuntare delle foglie, nello sbocciare dei fiori, su tutto il vegetabile tappeto che l'ammanta. Il celebre botanico spagnuolo Cavanilles ebbe il primo l'idea di vedere « l'erba germogliare », sendochè egli un cannocchiale di grande potenza dirigeva l'orizzontale micrometrico filo ora sopra la cima d'un germoglio di bambusa, ora sullo stelo d'un aloe americano (*Agave americana*), precisamente come l'astronomo acconcia la croce dei fili sopra una stella culminante. Nella complessa vita della natura fisica, gli enti organici ed i siderei pur anco sono ugualmente vincolati al movimento, come quello da cui dipende l'esistenza, la conservazione e lo sviluppo.

Lo squarciamento della via lattea, di cui toccai più sopra, ha qui d'uopo d'un particolare schiarimento. Guglielmo Herschell, la più fidata spettabile guida in cotesti spazii mondiali, ha mediante il suo stazatore di stelle trovato che la telescopica larghezza della via lattea ha una dilatazione di sei in sette gradi maggiore di quella apparente ad occhio nudo e

segnata sulle nostre carte celesti (109). I due fulgidi nodi in cui si raccolgono i due rami della zona, l' uno verso Cefeo e Cassiopea, l'altro verso lo Scorpione ed il Sagittario, sembrano esercitare una potente attrazione sulle vicine stelle; ma fra β e γ del Cigno nella regione più risplendente, larga di 5°, si trovano da 330,000 stelle, di cui una metà è attirata per una parte, e l'altra per la contraria. Quivi Herschell conghiettura uno squarciamento dello strato (110). Il numero delle stelle della via lattea discernibili a telescopio si valuta 18 milioni. Onde porgere un qualche dato di confronto, rammenterò che dalla prima fino alla sesta grandezza non più di 8000 stelle si mirano ad occhio nudo. Del rimanente, nello stupore che solleva l'enormità del numero, stupore ch'è sterile senza un riferimento all'intelligenza della natura ed al sentimento stesso dell' uomo, l' estremo dell' estensione dello spazio, quello dei corpi celesti trova riscontro nell'altro dei più minuti esseri animali. Un pollice cubico di tripoli di Bilin contiene, secondo Ehrenberg, 40000 milioni di siliciosi corsaletti di Galionelle.

Alle stelle della via lattea, le quali, secondo l'osservazione dell' acuto Argelander, si mostrano in generele le più fulgide del firmamento, sta di contro presso a poco ad angoli retti una via lattea di nebulose. Le prime formano, secondo le vedute di Giovanni Herschell, un anello analogo a quello di Saturno, una specie di cintura isolata alquanto lontana dal nostro ammasso lenticolare di stelle. Il nostro sistema planetario giace eccentricamente più vicino alla regione della Croce che al punto diametralmente opposto, quello di Cassiopea (111). In una nebulosa scoperta da Messier nel 1774, ma imperfettamente veduta, apparisce l'imagine del nostro sidereo strato e del diviso anello della nostra via lattea con una mirabile rassomiglianza riverberata (112). La via lattea delle nebulose, non appartiene al nostro strato di stelle; essa lo circuisce,

senza materiale unione con esso, ad una grande distanza, e traversa, quasi in forma d'un grandissimo cerchio, le dense nebulose della Vergine (particolarmente presso l'ala settentrionale), la chioma di Berenice, l'Orsa maggiore, la cintura di Andromeda ed il Pesce boreale. Verosimilmente divide verso Cassiopea la via lattea delle stelle, e congiunge le sue braccia stellari ai poli resi deserti da una forza condensatrice, dove il nostro sidereo strato ha la minore spessezza (113).

Da queste considerazioni risulta che, mentre il nostro cumulo stellare presenta le tracce delle subite trasformazioni nel giro del tempo, ed anzi d'un dirompimento per la forza di attrazione di centri secondarii, trovasi circondato da due anelli, di cui uno ad una grande distanza, di nebulose, l'altro più vicino, di stelle si compone. Quest'ultimo anello (la nostra via lattea) è un miscuglio di stelle senza nebulosità, le quali all'indigrosso sono di decima ed undecima grandezza (114), ma separatamente osservate mostrano di essere molto diverse le une dalle altre, mentre quelle costituenti i cumuli isolati (sciami di stelle) hanno quasi sempre il carattere della uniformità.

Da per tutto dove con potenti ed acutissimi cannocchiali la celeste vôlta è investigata, si vedono stelle, sia pur anco telescopiche soltanto di ventesimo fino a ventiquattresimo ordine, o risplendenti nebulose. Una parte di queste la mercè di ancora più efficaci stromenti si risolverebbe probabilmente in stelle. La nostra retina riceve l'impressione d'isolati o di strettamente raccostati punti di luce donde, come Arago ha di recente mostrato, risultano tutte le varie fotometriche relazioni del senso luminoso. La cosmica nebulosità, formata o disforme, universalmente sparsa, produce col condensamento il calore, modifica probabilmente la trasparenza degli spazii mondiali, e diminuisce l'omogenea intensità di quella luce che, secondo Halley ed Olbers, dovrebbe esistere, se

ogni punto della celeste vôlta, a tenore della profondità, fosse la base di una serie infinita di stelle (116). Se non che una tale ipotesi non è in armonia coll' osservazione. Questa ci mostra intere regioni vedove di stelle, aperture nel cielo, come Guglielmo Herschell le chiama, una nello Scorpione, larga quattro gradi, un' altra nel lombo del Serpentario. Presso queste due, verso i loro orli, si trovano nebulose risolvibili. Quello che si scorge all' orlo occidentale dell' apertura dello Scorpione, è uno dei più ricchi e più condensati ammassi di piccole stelle che adornino il cielo. Parimente all' attrazione ed alla condensatrice forza di questi gruppi ascrive Herschell la mancanza di astri nelle vuote regioni (117). « Si trovano parti del nostro sidereo strato, dic' egli con la bella vivacità del suo stile, le quali già hanno sofferto grandi devastazioni. » Se si vuole imaginarsi le stelle telescopiche distese le une dietro le altre come un tappeto che tutta copra l' apparente vôlta del cielo, si troverà, cred' io, di dover considerare le vedove regioni dello Scorpione e del Serpentario come tanti fori pei quali noi miriamo nei più fondi spazii dell' universo. Dove gli strati del tappeto si sono interrotti, altre stelle possono ancora trovarsi, ma per arrivare ad esse non valgono i nostri istromenti. L' apparizione d' infocate meteore aveva pure indotto gli antichi all' idea di spaccature e di breccie (*chasmata*) nel celeste tetto; ma le consideravano solamente come passaggere, ed anzi che oscure, le giudicavano splendenti ed infocate, a cagione dell' etere luminoso che dentro vi era e che ne traspariva (118). Derhain ed anche Huyghens non si mostrano contrarii a spiegare d' una consimile maniera la mite luce delle nebulose (119).

Allorchè si paragonano le stelle di prima grandezza con le stelle telescopiche non nebulose le quali all' indigrosso sono certamente da noi più lontane, quando si paragonano le nebulose con tutte le nebulosità irreducibili, per esempio, con

quella d'Andromeda, o pure con le così nomate nebulose planetarie, al considerare così differenti lontananze come inabissate nell'infinità degli spazii, ci si para inanzi un fatto il quale modifica tutti i fenomeni e tutte le apparenze celesti, ed è il fatto della propagazione della luce. La velocità di questa trasmissione è, secondo le ultime investigazioni di Struve, di 30808 miriametri per secondo, come quasi un milione di volte maggiore della velocità del suono. Da quanto per le misurazioni di Maclear, Bessel e Struve sappiamo sulle parallassi e le distanze di tre stelle di molto ineguale grandezza (α del Centauro, 61 del Cigno, α della Lira), un raggio luminoso avrebbe bisogno di 3,9 1/4 o 12 anni per arrivare da uno di quelli astri fino a noi. Nel breve memorabile periodo dal 1575 al 1604, da Cornelio Gemma e Ticone fino a Keplero, scintillarono repentinamente tre nuove stelle, in Cassiopea, nel Cigno e nel piede del Serpentario. Lo stesso fenomeno, ma con intermittenze, si riprodusse nel 1670 nella costellazione della Volpe. In questi ultimi tempi, dal 1837, Giovanni Herschell ha riconosciuto al capo di Buona Speranza che lo splendore della stella η nella Nave aveva aumentato dalla seconda grandezza alla prima diventando più fulgente (120). Tali avvenimenti degli spazii mondiali appartengono però nella loro storica realtà a tempi anteriori a quelli nei quali il fenomeno luminoso venne ad annunciare la loro inizione agli abitatori della Terra; essi sono come voci del passato, che arrivano fino a noi. Fu detto giustamente, che noi co' nostri potenti cannocchiali penetriamo in una volta nello spazio e nel tempo. Noi misuriamo infatti l'uno per mezzo dell'altro; un' ora di cammino è per un raggio di luce 110 milioni di miriametri da percorrere. Mentre nella teogonia d' Esiodo le dimensioni dell'universo sono significate con la caduta dei corpi (per nove giorni e nove notti non cadde che l'incudine di bronzo dal cielo sulla terra), » Herschel il padre stimava che

la luce derivata dalle più lontane nebulose al suo rifrattore di 40 piedi impieghi circa due milioni d'anni per giungere fino a noi (121). Così molti fenomeni scomparvero lunga pezza prima di diventare visibili agli occhi nostri; molti altri si sono effettuati che ancora non vediamo. Disparità nel tempo presenta l'aspetto dei celesti corpi; che se anco il mite luminoso vapore delle nebulose, o i siderei strati di crepuscolare languido chiarore splendenti si volessero a noi più vicino ritrarre, e degli anni scemare le migliaia che misurano le loro distanze, rimane mai sempre più che probabile, giusta le cognizioni che abbiamo sulla velocità sua, essere la luce di que' lontani corpi la più antica sensibile testimonianza dell'esistenza della materia. Così, alle più semplici premesse appoggiato, sollevasi l'umano intelletto alle più gravi, alle più alte vedute dei fenomeni della natura, là nei profondi campi solcati dalla luce dove « germogliano miriadi di mondi come l'erba d'una notte (122). »

Dalle regioni delle formazioni celesti, dai figli d'Urano, ora noi passiamo alla più ristretta sede delle posse terrestri, ai figli della Terra. Un arcano legame unisce amendue le classi di fenomeni. Secondo l'antico senso del titanico mito (123), il grande ordine della natura, le forze mondiali dipendono dall' efficiente unione del cielo e della terra. Se per l' origine sua il globo terrestre appartenne già, come quello degli altri pianeti, al corpo centrale, il Sole, ed alla sua atmosfera suddivisa un giorno in nebulosi anelli, esso è attualmente ancora in relazione per l' emissione della luce e del calore con quel sole più vicino, come con tutti i lontani che risplendono nel firmamenlo. La sproporzione di tali influenze non deve impedire il fisico di avvertire, in un quadro della natura, alla connessione ed alla potenza di comuni ed uguali forze. Una piccola frazione del tellurico calore appartiene allo spazio, in cui il nostro planetario sistema si muove, e la cui temperatura

è il prodotto delle calorifere vibrazioni di tutti gli astri, temperatura quasi uguale, secondo Fourier, alla media delle nostre regioni polari. Quale per altro sia la preponderante azione della luce del Sole nell'atmosfera e negli strati superiori della terra, com'essa accalorisca e cagioni le elettriche e magnetiche correnti, come il germe della vita magicamente negli enti organici sviluppi e benefica nudrisca, tutto ciò sarà soggetto di successive osservazioni.

Siccome noi qui ci occupiamo oramai esclusivamente della natura della tellurica sfera, volgeremo primamente lo sguardo alla ripartizione dei solidi e liquidi elementi, alla figura della Terra, alla sua densità media nell'interno, finalmente al calore ed alla elettro-magnetica tensione di essa. Questa ripartizione, e la forza inerente alla materia condurranno alla reazione dell'interno contro l'esterno del nostro globo; come pure per la speciale considerazione di una forza naturale universalmente sparsa, il sotterraneo calore, ai non sempre meramente dinamici fenomeni dei terremoti in uguali dilatati circoli di commozione, alla scaturigine di termali sorgenti ed ai possenti effetti dei vulcanici agenti. Le interiori scosse, ora subitanee ed a sbalzi, ora non interrotte e quindi appena sensibili, alterano nel corso dei secoli la sollevata scorza terrestre, le altezze relative delle parti solide e liquide, e fin anco la configurazione del fondo del mare. Si formano, in pari tempo, o temporanee fenditure, o permanenti aperture per le quali l'interno della terra si mette in comunicazione con l'atmosfera. Da ignote profondità sorgono masse in fusione, le quali si spandono in strette correnti lungo il pendio delle montagne, quando con impetuoso, quando con lento e tranquillo movimento, fino a che l'ignea sorgente inaridisca e la fumante lava, sotto la crosta che si è formata, si raffreddi. Novelle rocce allora si adergono sotto gli occhi nostri, mentre le antiche, già formate dalle plutoniche forze, si modificano allo

straordinario immediato contatto, o per la prossimità di radiante calore. Parimente là dove la compenetrazione non ha avuto luogo, le particelle cristalline vengono smosse e congiunte in un tessuto più denso. Formazioni di tutt'altra indole ci presentano le acque: concrezioni d'avanzi d'animali e di piante, sedimenti terrosi, argillosi e calcari, conglomerati composti dei tritumi delle rocce, ricoperti da strati di siliciosi corsaletti d'infusorii e dai terreni di trasporto, ove giaciono le spoglie animali dell'antico mondo. La contemplazione di ciò che per sì diverse vie si è sotto gli occhi nostri prodotto e stratificato, di ciò che per mezzo di reciproche pressioni e vulcaniche potenze venne in cotante guise stravolto, inflesso e rilevato, condusse l'osservatore, studiando le semplici analogie, ad istituire il confronto tra le epoche presenti e le più remote. Combinando i fenomeni attuali, generalizzando le idee intorno le relazioni d'estensione e le valutazioni delle forze attive, siamo riusciti a fondare solidamente il regno della geognosia, di cui non più in là di cinquant'anni non si aveva che un troppo vago ed oscuro sentore.

Si è spiritosamente notato, « che balzandosi della portata dei nostri cannocchiali nella contemplazione degli altri pianeti (tranne forse la luna), noi sappiamo più del loro interno che della loro superficie. » Si misura, si pesa il loro volume, si conosce la loro massa, la loro densità, e l'una e l'altra (grazie ai progressi dell'osservatrice e della calcolatrice astronomia) con [illegible]nora più crescente numerica certezza. La loro fisica costituzione rimane in un'oscurità profonda. Sulla nostra terra soltanto l'immediata prossimità ci mette in contatto con tutti gli elementi dell'organica e dell'inorganica natura. La ridondanza della multiforme materia, nel suo perpetuo commescersi e tramutarsi, nell'eterno mutabile gioco delle irrequiete forze irrompenti, offre allo spirito il pascolo, il diletto dell'investigazione, il campo infinito dell'osservazione, con che l'u-

mano intelletto, rinvigorendosi e perfezionando la sua facoltà pensante, aggiunge una parte della sua sublime grandezza. Il mondo dei fenomeni sensibili si riflette nelle profondità del mondo delle idee; la ricchezza della natura, la copia delle distinzioni conducono a poco a poco a singole scienze peculiari.

Come accennai più volte, la sfera del sapere, allorchè si restringe alla sfera della nostra esistenza terrestre, non può non ottenere una ben giusta preferenza. La descrizione del cielo, dalle lontane risplendenti stelle nebulose (col loro sole) fino al corpo centrale del nostro sistema, è limitata ad una idea generale di volume e di quantità della materia. Nessuna traccia di vita manifestasi colà ai nostri sensi. Non altrimenti che per via di rassomiglianze, per via di fantastiche combinazioni si è potuto arrischiare qualche congettura sulla natura specifica della materia, sul suo non essere in questo o in quel corpo centrale. L'eterogeneità della materia, la sua chimica composizione, la regolare configurazione, in cui le sue parti cristalline e granite sono l'una dietro l'altra schierate; la sua relazione coi raggi della luce che la traversano deviando o dividendosi, col calore radiante trasmesso in istato neutro o polarizzato, con lo splendente o non risplendente elettro-magnetismo di fenomeni mai sempre possenti; queste infinite cose, questo tesoro di fisiche cognizioni, che c' innalza alla contemplazione dell' universo, noi le dobbiamo alla superficie del pianeta che abitiamo; più ancora alla solida che alla fluida parte di esso. Quanto questa cognizione delle cose e delle forze della natura, quanto l' infinita varietà dell' obbiettiva perscrutazione promova l'intellettuale attività dell' uomo ed ogni progresso al suo perfezionamento, fu già superiormente notato. Così fatte relazioni hanno qui sì poco bisogno d' essere più amplamente svolte, come la concatenazione delle cause di quella materiale potenza che ha conferito a certi popoli un predominio sopra una parte degli elementi.

Se m' applicai a fare la diligente divisione fra quanto sappiamo riguardo alla natura della nostra terra e quanto ci è conto rispetto ai corpi che si movono negli spazii del cielo è necessario d' altro canto di qui designare la limitazione dello spazio, da cui deriva ogni nostra scienza sulla eterogeneità della materia. Cotesto spazio è chiamato non troppo propriamente la crosta della Terra; esso è lo spessore degli strati più vicini alla superficie del nostro pianeta, i quali sono messi allo scoperto per mezzo di naturali avvallamenti o mediante il lavoro dell' uomo (foramenti e scavazioni montane). Questi lavori arrivano in linea perpendicolare non molto più in là di 2000 piedi (650 metri) sotto il livello del mare, vale a dire soltanto 1/9800 del semidiametro della Terra (124). Le masse cristalline lanciate da vulcani ancora in attività, simili per lo più alle rocce della superficie, provengono da profondità indeterminate, 60 volte però certamente maggiori di quelle a cui i lavori dell' uomo sono arrivati. La dove uno strato di carbone di terra si affonda per risalire ad una distanza da esatta misura determinata, è impossibile di valutare in numero la profondità del letto; e si è mostrato che tali depositi carboniferi commisti ad avanzi organici dell' antico mondo giacciono (nel Belgio per esempio) a più di 2000 metri sotto il livello del mare; mentre i calcari, e gli strati devonici ricurvi in forma di concavità, giungono ad una profondità ben del doppio (125). Se si paragonano queste sotterranee depressioni con le cime delle montagne, che finora vennero stimate come la più alta parte della sollevata scorza della Terra, risulta una distanza di 37000 piedi (un miriametro e 2/10), il che equivale ad 1/524 del semidiametro terrestre. Tal è lo spazio, in linea verticale, che può esser campo delle geognostiche investigazioni, quand' anche tutta la superficie della terra si estendesse fino alla sommità del Davalagiri nell' Imalaia o del Sorata in Bolivia. Tutto ciò che

giace più profondamente dalle sunnominate depressioni, dei lavori dell' uomo, del fondo del mare ove lo scandaglio in un particolar luogo ha potuto pervenire (Giacomo Ross non vi giunse scandagliando per 254000 piedi), ci è così sconosciuto come l' interno degli altri pianeti del nostro sistema solare. Noi conosciamo del pari solamente la massa della intiera terra e la sua densità media comparata a quella degli strati superiori, i soli che sieno accessibili per noi. Dove manca ogni cognizione della chimica e mineralogica costituzione dell' interno del globo, siamo di nuovo costretti, come pei più lontani dal Sole roteanti corpi mondiali, di limitarci alle semplici congetture. Non possiamo con sicurezza nulla determinare sulla profondità alla quale gli strati delle rocce sono considerati come in istato di rammollimento o di fluidità, sulle cavità cui riempiono gli elastici vapori, sullo stato dei fluidi sottoposti ad una enorme pressione e ad un' alta temperatura, sulla legge delle densità crescenti dalla superficie della terra fino al suo centro.

La considerazione che con la profondità cresce il calore nell' interno del nostro pianeta, e la reazione di questo interno contro la superficie ci conducono alla lunga serie dei fenomeni vulcanici. Essi manifestansi quali terremoti, emissioni gazose, sorgenti termali, vulcani di fango e correnti di lava che si spandono dai crateri di eruzione; parimente la potenza delle elastiche forze si esterna altresì alterando il livello della superficie. Grandi piagge, moltiplici tratti di continente sono sollevati o depressi, le parti solide si staccano dalle fluide; l' Oceano stesso, solcato da calde o fredde fiumane, si rapprende ai due poli e spinge le acque nelle rocce ora dense e resistenti, ora disgregate in mobili banchi. I limiti, che separano le acque dai continenti o dalle terre, vanno soggetti a spessi e varii cambiamenti. Le pianure hanno oscillato dall' alto al basso e dal basso all' alto. Dopo

il sollevamento dei continenti si apersero lunghe fenditure, la più parte parallele, e quindi probabilmente verso quell'epoche emersero le catene di montagne; laghi salsi e grandi ammassi d'acque interni, lungo tempo abitati dalle stesse specie d'animali, furono violentemente separati. I fossili avanzi di conchiglie e zoofiti attestano la loro originaria unione. Così, seguendo i fenomeni nella loro relativa dipendenza, giungiamo a stabilire che le potenti forze operanti nell'interno del globo sono appunto quelle che scuotono la scorza terrestre, e mediante la pressione dell'elastico vapore aprono varchi ai torrenti di lava infocata.

Le medesime forze, che sollevarono fino alla regione delle nevi perpetue la catena delle Ande e dell'Imalaia, hanno pur prodotto nelle rocce nuove combinazioni ed aggregazioni novelle; hanno trasformato gli strati che si erano anteriormente deposti dal seno delle acque, con le molteplici organiche sostanze già palpitanti di vita. Noi qui riconosciamo tutta la serie delle formazioni partite e sovrapposte per ordine d'anzianità, nella loro dipendenza dalle mutazioni di forma dalla superficie, dalle dinamiche relazioni delle forze di sollevamento, dai chimici effetti dei vapori emessi dalle fenditure.

Le disseccate stratificazioni, vale a dire i continenti, quella parte della scorza terrestre suscettiva d'un rigoglioso sviluppamento della vita vegetale, sono in continua corrispondenza d'azione e reazione coi mari circondanti, nei quali l'organismo è limitato quasi al solo mondo animale. Il liquido elemento è alla sua volta coperto dagli strati atmosferici, dall'oceano aereo, in cui le catene delle montagne e gli altipiani sollevansi come bassi fondi, in cui si producono quantità di correnti e variazioni di temperatura, l'umidità s'addensa nelle nubilose regioni, per quindi sciogliersi sulle inclinate pianure versando ovunque il movimento e la vita.

Se la geografia delle piante e degli animali dipende da

questi complicati contrasti della distribuzione dei mari e dei continenti, della configurazione della superficie, della direzione delle linee isoterme (zone ove le temperature medie dell'anno sono uguali); non è così rispetto alle caratteristiche divisioni dell'umana stirpe ed alla relativa loro numerica diffusione sul globo terrestre (l'ultimo e più nobile scopo d'una fisica descrizione del mondo), le quali invece vengono determinate, non per mezzo di quelle naturali relazioni soltanto, ma sì ancora e di preferenza secondo i progressi della civiltà, l'intellettuale perfezionamento è quella coltura, che in una nazione è base della politica supremazia. Certe razze, fortemente attaccate al proprio suolo, possono essere spinte indietro ed anco tratte al loro eccidio da pericolosi vicini più dirozzati; di esse rimane appena una debole traccia che la storia ha raccolto; altre razze, sol di numero men gagliarde, traversano il liquido elemento. Quasi da per tutto in simil guisa soltanto hanno desse, benchè più tardi dall'uno all'altro polo, acquistato l'estesa grafica cognizione dell'intera superficie del nostro pianeta, quella almeno dei paesi quasi tutti lungo le coste.

Discendendo ai particolari del quadro dei fenomeni terrestri, ho qui voluto indicare in via generale, come, dietro la considerazione della forma del nostro globo, sia possibile di unire in una sola e medesima contemplazione la manifestazione incessante dell'elettro magnetismo e del sotterraneo calore, le correlazioni della superficie in orizzontale dilatazione ed altezza, il geognostico tipo delle formazioni, i grandi fenomeni del mare e dell'atmosfera, la geografica distribuzione delle piante e degli animali, finalmente la fisica gradazione delle razze umane, le sole suscettive dovunque d'intellettuale coltura. Questa unità di contemplazione suppone un concatenamento dei fenomeni secondo il loro intrinseco legame. La loro semplice quasi numerica rassegna non adem-

pirebbe lo scopo che mi sono proposto; essa non appagherebbe il bisogno di una cosmica esposizione che in me hanno fatto nascere, ne' miei viaggi di terra e di mare, un diligente studio delle forme e delle forze, la vivace impressione della natura tutta quanta sotto le zone più diverse. Senza dubbio un tale tentativo è troppo manchevole; se non che pel rapido incremento del sapere di cui tutte s'allegrano le parti delle fisiche scienze, forse quanto prima verrà fatto di riparare compiutamente al difetto. È proprio del progressivo andamento di tutte le discipline, che ciò che rimane lunga pezza isolato, si vada congiungendo a poco a poco e coordinando alle leggi più generali. Io non indico qui che la via empirica nella quale io e molti del mio medesimo sentire siamo entrati, pure aspettando che venga un giorno in cui, come già per sentenza di Platone Socrate chiedeva (126), « s' interpreti la natura a tenore della sola ragione. »

La rappresentazione dei tellurici fenomeni sotto il loro principale aspetto bisogna che incominci dalla figura e dalle dimensioni del nostro pianeta medesimo. Più che la mineralogica sua costituzione, le sue sostanze cristalline granite o dense, i suoi impietramenti, ell'è la geometrica figura della terra che rivela l'origine sua; essa è la sua storia. L'ellitticità della sua sfera di rotazione accenna ad un primitivo stato di rammollimento o di fluidità della sua massa. Ai più antichi geognostici fatti, per chiunque sa leggere nel libro della natura, appartiene lo schiacciamento, come anche (per addurre un altro esempio a noi vicino) la perpetua direzione dell'asse maggiore dello sferoide lunare verso la Terra, vale a dire l'aumentato cumulo di materia nella mezza luna che noi vediamo, cumulo che determina il rapporto di rotazione col tempo di rivoluzione, e che fino all'epoca più antica della formazione del satellite si estende. La matematica figura della terra è quella che prenderebbe la sua superficie, se fosse coperta

da un liquido in riposo; » ad essa si riferiscono tutte le geodesiche misure di gradi, ridotte al livello del mare. Da questa matematica superficie della terra differente è la fisica, con tutte le accidentalità e scabrosità della parte solida (127). La totale figura della Terra è determinata quando si conoscono la quantità dello schiacciamento e la lunghezza del diametro equatoriale. Per arrivare ad una più esatta figura della conformazione si esigerebbe però una misura in due direzioni l'una all'altra perpendicolari.

Undici misure di gradi (determinazioni della curvatura della Terra in differenti punti della sua superficie), di cui nove appartengono al nostro secolo, ci hanno insegnato a conoscere la grandezza del nostro globo, che Plinio già chiamava « un punto nell'immenso universo (128). » Se esse non si accordano nella curvatura di diversi meridiani sotto uguali latitudini, un argomento è questo in favore dell'esattezza degli adoperati stromenti e della fedeltà dei risultamenti parziali. La decrescenza della gravità nella direzione dall'equatore al polo dipendendo dalla distribuzione della densità nell'interno del pianeta, una tale conclusione diventa applicabile alla figura della terra. Quando Newton, appoggiato a teorici fondamenti ed animato ben anco dalla scoperta dello schiacciamento di Giove, già fatta da Cassini avanti il 1666 (129), nella sua immortale opera *Philosophiae naturalis Principia,* determinò lo schiacciamento della Terra, lo fissò a 1/230, nella supposizione di una omogenea massa; là dove invece, le misure effettive, assoggettate alla potente influenza della recente perfezionata analisi, hanno provato che lo schiacciamento dello sferoide terrestre, in cui la densità degli strati è considerata come crescente verso il centro, è poco meno che 1/300.

Tre metodi sono stati messi in pratica per determinare la curvatura della superficie terrestre; sono dessi le misure dei

gradi, le ondulazioni del pendolo e certe ineguaglianze dell'orbita lunare, tutti e tre danti il medesimo risultamento. Il primo metodo è ad un tempo geometrico ed astronomico; negli altri due si passa dai movimenti con esattezza osservati alle forze che li hanno prodotti, poi da queste forze alla loro origine comune, vale a dire allo schiacciamento della Terra. Io ho qui, nel quadro generale della natura, fatto eccezione in favore dell'applicazione dei metodi ora riferiti, in quanto che hanno quella viva sicurezza che l'intimo legame dei fenomeni naturali con la forma e le forze richiede, come già fornirono la felice occasione di affinare l'esattezza degl'istromenti di misura (di spazio, d'ottica e di tempo), e di perfezionare le basi dell'astronomia nella teoria dei moti lunari, e della meccanica in quella del pendolo oscillante in un mezzo resistente, sollecitando così l'analisi peculiare ad aprirsi non calcate vie. Dopo la ricerca della parallasse delle stelle che condusse all'eberrazione ed alla nutazione, problema alcuno non offre la storia delle scienze, nel quale in pari grado l'ottenuto risultamento (la cognizione dello schiacciamento medio e la certezza che la figura della Terra non è regolare) s'avvicini in importanza a ciò che coi diuturni e laboriosi tentativi pel conseguimento dello scopo diretto al generale perfezionamento delle matematiche ed astronomiche dottrine venne fatto di guadagnare. La comparazione di undici misure, delle quali tre fuori d'Europa, l'antica del Perù e due alle Indie orientali, ha, secondo le più rigorose teoretiche valutazioni calcolate da Bessel, dato uno schiacciamento di 1/299 (130). Ond'è che, in questo ellissoide di rivoluzione, il semidiametro polare è più breve di 10938 tese (21 chilometri circa, o 3 leghe postali) del semidiametro equatoriale. Il rigonfiamento sotto l'equatore in conseguenza della curvatura della superficie dello sferoide ammonta così, secondo la direzione della gravità, poco più

che a 4 3/7 volte l'altezza del Montebianco, e solo due volte e mezza la verosimile altezza del Davalagiri, nella catena dell'Imalaia. Le ineguaglianze lunari (perturbazioni in longitudine e latitudine della Luna) hanno dato, secondo le ultime disamine di Laplace, quasi lo stesso schiacciamento (1/299) che le misure dei gradi. Dai cimenti del pendolo (131) risultò in totale uno schiacciamento molto maggiore (1/288).

Galileo, il quale assistendo al servigio divino, probabilmente distratto, ed ancora fanciullo, riconobbe che mediante la durata delle oscillazioni di lampade le quali ad ineguale altezze pendevano, l'intera altezza d'una delle vôlte della chiesa si poteva misurare, non aveva certamente preveduto che il pendolo un giorno da un polo all'altro essere dovesse trasportato per determinare la figura della Terra, o più tosto per indurre alla convinzione che l'ineguale densità degli strati terrestri influisce sulla lunghezza del pendolo a secondi, se non che in vasti tratti di superficie mostra di subire quasi proporzionalmente la locale attrazione. Queste geognostiche correlazioni di uno stromento che misura il tempo, questa proprietà del pendolo, quasi scandaglio per ispiare invisibili profondità, per indicare in certe isole vulcaniche (132) o sul dorso delle catene di montagne (133) se esistano cavità di pesanti masse di basalto e di melafiro, rendono più difficile (malgrado la mirabile semplicità del metodo) il conseguire un generale risultamento, volendo determinare la figura della Terra mediante l'osservazione delle oscillazioni del pendolo. Anche sull'astronomica parte della misura d'un grado di latitudine reagiscono, non però con tanto pregiudizio, le catene delle montagne o i densi strati del terreno.

Siccome la forma della Terra esercita un potente influsso sul moto d'un altro pianeta, specialmente sul suo vicino satellite, così la perfetta conoscenza del moto di quest' ultimo ci permette di risalire ancora di bel nuovo alla figura della Terra

medesima. Ond'è che Laplace sagacemente diceva (134): « senza uscire dal suo osservatorio, mercè il raffrontamento della lunare teoria con le effettive osservazioni, non solamente la forma e la grandezza della Terra, ma avrebbe potuto altresì un'astronomo determinare la sua distanza dal Sole e dalla Luna, risultamenti ottenuti mediante lunghe e laboriose lucubrazioni nelle più lontane contrade d'ambi gli emisferi. » Lo schiacciamento che viene dedotto dalle ineguaglianze lunari, ha questo vantaggio ch'esso, cosa cui isolate misure di gradi e prove di pendolo non danno, è appartenente all'interno pianeta, è uno schiacciamento *medio*. Paragonato alla celerità di rotazione, esso prova inoltre l'accrescimento della densità degli strati terrestri dalla superficie verso il centro; accrescimento il quale, confrontando le proporzioni dei loro assi con la durata delle loro rotazioni, nei due grandi pianeti di Giove e di Saturno si manifesta del pari. Così la conoscenza della conformazione esterna dei corpi mondiali conduce ad inferir quella dell'interna loro costituzione.

Tanto il settentrionale quanto il meridionale emisfero sembrano, sotto i medesimi gradi di latitudine, presentare all'incirca la medesima curvatura (135); ma le prove del pendolo e le misure dei gradi danno, come già sopra si è osservato, per le singole parti della superficie risultamenti sì diversi, che nessuna regolare figura si può assegnare la quale a tutte convenga le determinazioni in tal guisa finora ottenute. La reale figura della Terra sta ad una regolare, « come la ineguale superficie d'un'acqua in movimento sta all'uguale superficie d'un'acqua in riposo. »

Dopo aver misurato la Terra, era necessario pesarla. Le oscillazioni del pendolo ed il piombino hanno medesimamente perciò giovato a determinare la densità media della Terra: sia che abbiasi cercato nell'unione di astronomiche e geodesiche operazioni la quantità di deviazione del piombino dalla verti-

cale nella vicinanza d'una montagna; sia mediante il confronto delle lunghezze del pendolo nel piano ed alla sommità d'una eminenza; sia finalmente che mediante l'applicazione d'una bilancia di torsione, che si può considerare come un pendolo oscillante orizzontalmente, abbiasi misurato la densità relativa dei prossimi strati terrestri. Di questi tre metodi (136) l'ultimo è il più sicuro, perchè indipendente dalla difficile determinazione della densità dei minerali di cui lo sferico segmento d'una montagna consiste, nella vicinanza della quale si osserva. Esso dà, secondo le recenti ricerche di Reich, 5,44; vale a dire mostra, che la densità media della Terra intiera e così diverse volte maggiore di quella dell'acqua pura. Ora, secondo la natura degli strati delle rocce che formano la solida continentale parte della superficie terrestre, la densità di questa parte essendo appena 2,7, la densità della solida ed oceanica superficie insieme non supera 1,6; dal che consegue quando gli ellittici ineguali schiacciati strati dell'interno, stante la pressione o l'eterogeneità della materia, debbano crescere in densità verso il centro. Una novella prova è questa che il pendolo, oscilli verticale ed orizzontale, venne giustamente denominato un geognostico istromento.

Però le conclusioni, a cui l'uso d'un tale istrumento conduce, hanno guidato celebri fisici, secondo la diversità delle ipotesi donde si procede, a vedute totalmente opposte sulla naturale costituzione dell' interno del globo. Si è calcolato a quali profondità i liquidi e le stesse aeriformi sostanze, mediante la pressione dei sovrapposti strati, abbiano a superare la densità del platino ed anche dell'iridio; e per mettere in accordo lo schiacciamento, confessato fra limiti assai più ristretti, con l'ipotesi d' una semplice sino all' infinito compressibile materia, l' ingegnoso Leslie ha figurato l' interno del globo come una caverna sferica, la quale sarebbe ripiena di un così detto « imponderabile fluido d'una enorme forza re-

pulsiva. » Queste arrischiate ed arbritrarie conghietture trassero in breve chi era affatto estraneo alle scienze a sogni più fantastici ancora. La caverna viene quindi popolata di piante e d'animali, sopra cui due piccoli sotterranei pianeti Plutone e Proserpina effondono la loro blanda luce. Sempre uguale calore regna in quelli interni spazii della terra, e l'aere risplendente per la compressione può ben rendere superflui i pianeti del sotterraneo mondo. Vicino all' artico polo, a 82.° di latitudine, donde la polar luce emana, è un'enorme apertura, per la quale si può discendere abbasso nella sferica caverna. Ad una di tali sotterranee spedizioni fummo sir Kumphry Davy ed io dal capitano Simmes reiteratamente e pubblicamente invitati. Così potente è l' inferma tendenza dell'uomo, il quale, non curando la contraddicente cognizione di ben fondati fatti o le leggi universalmente riconosciute nella natura, empie gl' invisibili spazii di forme le più meravigliose. Di già l'illustre Halley aveva, sullo scorcio del XVII secolo, nelle sue magnetiche speculazioni, scavato pur egli la Terra: un sotterraneo nucleo liberamente roteante cagionava mediante la sua posizione le giornaliere ed annuali variazioni della magnetica declinazione! Ciò che per l'ingegnoso Holberg fu una mera finzione, si è al nostro tempo con istucchevole gravità tentato di vestire d' uno scientifico ammanto.

La figura della Terra ed il grado di consistenza (densità) a cui essa è pervenuta, stanno in intimo legame con le forze che l'animano; se non che queste forze non sono mosse o suscitate dal di fuori mediante la planetaria posizione rispetto ad un risplendente corpo centrale. Lo schiacciamento, conseguenza della centrifuga forza operante sopra una roteante massa, rivela il primitivo stato di fluidità del nostro pianeta. Stante la solidificazione di questa massa fluida, la quale già in origine può riguardarsi come una massa gazeiforme riscaldata ad un' assai alta temperatura, si è sprigionata una copia

enorme di calore latente; e poichè il processo della solidificazione, come vuole Fourier, incominciò primieramente dall'irradiazione verso gli spazii celesli della raffreddantesi superficie (137), così rimase nel centro della Terra la parte fluida ed incandescente. Siccome poi dopo lunga esalazione del calore del centro verso la superficie si forma alla fine uno stabile equilibrio nella temperatura del globo, si può ammettere, che con la crescente profondità cresca ancora non interottamente il calore. Ed infatti la temperatura delle acque, che dai pozzi artesiani scaturiscono, quella delle rocce minerali che si lavorano, e principalmente la vulcanica attività della Terra, vale a dire l' eruzione di liquefatte masse da spalancati varchi, sono prove irrefragabili ed immediate di cotesto accrescimento almeno fino ad una molto considerevole profondità degli strati superiori della Terra. Secondo induzioni, le quali per verità si fondano sopra semplici analogie, egli è più che probabile ch' esso si dilati più innanzi verso il centro.

Per quel che sappiamo sulle sostanze di cui la Terra può essere nell'interno composta, sui diversi gradi di capacità al calore e di conduttibilità delle masse sovrapposte le une alle altre, sulle chimiche trasformazioni che le solide e liquide materie devono subire per una pressione enorme, non sapremmo senza molta cautela ammettere pel nostro pianeta ciò che un ingegnoso geometra, dietro espressi perfezionati calcoli analitici in sì fatta classe di ricerche, ha insegnato sulla propagazione del calore in un omogeneo sferoide di metallo. Della massima difficoltà pel nostro intendimento è il rappresentarsi la linea di separazione tra le fluide masse dell' interno e le già indurate forme dell'esterna crosta terrestre (138), o pure quel graduale passsaggio dei solidi strati allo stato di mezza fluidità delle terrestri coagulate sostanze; per cui le note leggi della idraulica soltanto con notabili modificazioni possono essere applicate. Il Sole e la Luna, che producono il flusso e riflusso

del mare, agiscono con tutta verosimiglianza anche fino a quelle profondità della Terra. Sotto la vôlta dei già induriti strati terrestri si può congetturare con tutto fondamento un periodico sollevarsi ed abbassarsi della rammollita massa, una variazione della pressione ch'essa vôlta sostiene. La forza e l'effetto di tali oscillazioni deggiono però essere di poco momento; e se lo stato relativo dell'attraente pianeta ancora qui solleva una marea, egli è però certo che non ad esse, ma sì a più potenti interne forze debbansi ascrivere le commozioni della superficie terrestre. Sonovi quindi serie di fenomeni la cui conoscenza non è utile se non in quanto serva a meglio stabilire la generalità dell' influsso dell' attrazione del Sole e della Luna sull' esterna ed interna vita della Terra, sendo che così poco noi ancora siamo in grado di determinare numericamente l' estensione d'una tale influenza.

Stando ad abbastanza concordanti sperienze fatte sull' acqua dei pozzi artesiani, sembra che a termine medio la temperatura della scorza terrestre aumenti in linea verticale con la profondità in ragione di 1° del termometro centigrado per 92 piedi parigini (30 metri). Seguendo questo accrescimento in numerica proporzione, uno strato di granito, come già di sopra annunciai, alla profondità di 4 miriametri (quattro a cinque volte l' altezza della più eccelsa vetta della catena dell' Imalaia) sarebbe in piena fusione.

Nel globo terrestre sono a distinguersi tre maniere diverse di movimento del calore. Il primo è periodico e fa variare la temperatura degli strati terrestri, secondo che il calore, giusta la posizione del Sole e le stagioni, penetra d'alto in basso, o per la medesima via di basso in alto s' effonde. Il secondo movimento è parimente un' azione del Sole, ed è d' una straordinaria lentezza. Una parte del calore, che ha penetrato nelle regioni equatoriali, si muove nell' interno della scorza terrestre fin verso i poli, e là si travasa nell' atmosfera e ne-

gli spazii più lontani. Il terzo modo di propagazione è il più lento di tutti; esso consiste nel secolare raffreddamento del globo, nella scarsa parte del primitivo calore che viene ancora al presente trasmessa alla sua superficie. Questa perdita, che prova il calore centrale, dovette all'epoca delle più antiche rivoluzioni della Terra essere molto ragguardevole, ma dai tempi storici in poi riesce appena misurabile dai nostri istromenti. La superficie della Terra si trova così fra l'incandescenza de' sotterranei strati e gli spazii mondiali, la cui temperatura è probabilmente inferiore al punto della congelazione del mercurio.

Le periodiche variazioni della temperatura, che la situazione del Sole ed i meteorologici processi generano alla superficie, hanno azione nell'interno della Terra, ma solamente fino ad un'assai debole profondità. Questa lenta trasmissione del calore a traverso il suolo diminuisce la sua perdita nell'inverno, ed è favorevole agli alberi di profonde radici. I punti, che a diverse profondità giacciono in una stessa linea verticale, giungono in tempi assai differenti al massimo ed al minimo della scompartita temperatura. Quanto più e' s'allontanano dalla superficie, tanto più la differenza di questi estremi diminuisce. Nella nostra temperata zona (lat. 48°-52°) lo strato d'invariabile temperatura giace alla profondità di 24 a 27 metri; di già alla metà di questa profondità le oscillazioni, che il termometro prova per l'influsso delle stagioni, arrivano appena ad un mezzo grado. Al contrario nel clima tropicale l'invariabile strato trovasi già ad un piede di profondità sotto la superficie, e di questo fatto Boussingault si è ingegnosamente valso per una convenevole e, come egli crede, sicura determinazione della media temperatura dell'atmosfera del luogo (139). Questa media temperatura, in un dato punto od in un gruppo di raccostati punti della superficie, è in qualche maniera l'elemento fondamentale determinante in una regione

la natura del clima e della vegetazione; ma la temperatura media dell'intera superficie è assai diversa da quella del globo terrestre medesimo. La sì spesso agitata questione, se essa abbia nel corso dei secoli patito notabili alterazioni, se il clima d'un paese abbia deteriorato, se in pari tempo l'inverno più mite e l'estate men caldo fossero per avventura divenuti, non può essere risolta che mediante il termometro; e la scoperta di questo istromento conta appena due secoli e mezzo, nè la sua razionale applicazione risale più in là di 120 anni. La natura e la novità del mezzo pongono così alle investigazioni concernenti l'atmosferica temperatura assai limitati confini. Tutt'altra cosa è la soluzione dei grandi problemi dell'interno calore dell'intero globo terrestre. Nella stessa guisa che dall'uguaglianza nella durata delle oscillazioni d'un pendolo si può conchiudere l'invariabilità della sua temperatura, del pari la costanza della celerità di rotazione della Terra ci chiarisce sulla misura della stabilità della sua temperatura media. La scoperta di questa relazione tra la *lunghezza del giorno* ed il *calore del globo* appartiene alle più splendide applicazioni di una lunga cognizione dei moti celesti allo stato termico del nostro pianeta. La celerità di rotazione della Terra dipende, com'è noto, dal suo volume. Siccome raffreddandosi la massa per effetto della successiva irradiazione, s'abbrevia l'asse di rotazione, ne viene che col decremento della temperatura abbia a crescere la celerità di rivoluzione ed a scemare la lunghezza del giorno. Ora, il confronto delle secolari ineguaglianze nei moti lunari con le ecclissi osservate ne' più remoti tempi mostra che dall'epoca d'Ipparco, vale a dire da due mila anni, la lunghezza dei giorni certamente non è calata la centesima parte d'un minuto. Stando adunque negli estremi limiti di questo accrescimento, il calore medio del globo terrestre da 2000 anni non ha variato d'1/170 di grado (140).

Questa invariabilità dalla forma fa supporre altresì una grande invariabilità nella ripartizione della densità nell' interno della Terra. I traslativi movimenti di che l' eruzione degli attuali vulcani, il traboccare di ferruginose lave, ed il colmarsi di grandi vacui e fenditure con trasportate masse pesanti, furono cagione, sono quindi a considerarsi come piccoli fenomeni di superficie, come accidenti parziali della crosta terrestre, le cui dimensioni svaniscono rimpetto all' ampiezza del globo.

L' interno calore della Terra ho io nella sua origine e ripartizione esaminato, non altra quasi guida seguendo che i risultamenti delle belle investigazioni di Fourier. Mette in dubbio Poisson il non interrotto accrescimento del terrestre calore dalla superficie al centro. Egli crede che ogni calore sia penetrato dall' esterno all' interno, e che quello non proveniente dal Sole dipenda dalla temperatura molto alta o molto bassa dallo spazio mondiale che il sistema solare nel suo modo di traslazione ha traversato. Questa ipotesi, emessa da uno dei più profondi matematici del nostro tempo, non ebbe i fisici ed i geologi gran fatto ad appagare. Se non che qualunque esser possa l' origine dell' interno calore del nostro pianeta e del limitato od illimitato suo accrescimento verso il centro, esso ne conduce sempre, mediante l' intima connessità di tutti i primitivi fenomeni della materia, ed il comune legame che congiunge fra esse le forze molecolari, alla tenebrosa sfera del *magnetimos*. Le variazioni di temperatura producono le magnetiche ed elettriche correnti. Il magnetismo terrestre, il cui principale carattere nella triplice manifestazione della sua forza è una continua periodica mutabilità, dev' essere attribuito sia alle ineguaglianze della temperatura del globo stesso (141), sia a quelle galvaniche correnti, che noi consideriamo come elettricità in movimento entro una chiusa circonferenza (142). Il misterioso moversi dell' ago calamitato dipen-

de proporzionalmente dal tempo e dallo spazio, dal corso del Sole e dalla mutazione dei luoghi sulla terrestre superficie. Si riconosce all'ago calamitato, come alle oscillazioni del barometro fra i tropici, l'ora del giorno. Le lontane aurore boreali, quelli infocamenti che coloriscono il cielo ad uno dei poli, esercitano sovr' esso, l'ago, un'azione passeggera, ma immediata. Allorchè il tranquillo movimento orario dell'ago viene turbato da una *magnetica tempesta*, si palesa sovente la perturbazione sulla terra e sul mare ad un tempo, a centinaia e migliaia di leghe nel più stretto senso della parola, o si propaga a brevi intervalli successivamente in ogni direzione sopra la superficie del globo (143). Nel primo caso la simultaneità delle tempeste potrebbe, come i satelliti di Giove, i segnali di fuoco, e le ben osservate stelle cadenti, servire a determinare le geografiche longitudini fra più certi confini. Si riconosce con ammirazione, che i moti convulsivi di due piccoli aghi calamitati potrebbero far conoscere la misura della distanza che li separa anche sepolti in sotterranei spazii profondi, ed insegnarci a qual distanza Casan si trovi posto all'oriente di Gottinga o delle sponde della Senna. Hannovi regioni sulla terra in cui il navigatore, avvolto da molti giorni nella nebbia, senza sole e senza stelle, senza alcun mezzo di determinare il tempo, mediante l'inclinazione dell'ago, può con certezza sapere, se si trovi a settentrione od a mezzodì d'un porto ove dee dar fondo (144).

Quanto l'ago turbato repentinamente nel suo orario cammino è nunzio d'una magnetica tempesta, altrettanto rimane a ricercare il luogo ove giace la causa perturbatrice, se ella sia nella scorza terrestre o nelle regioni superiori dell'atmosfera: per noi ciò è ancora a determinarsi. Considerando noi la Terra come una effettiva calamita, è necessario allora, per sentenza del profondissimo fondatore d'una generale teoria del magnetismo terrestre, Federico Gauss, attribuire alla

Terra, per ogni ottavo di metro cubico, la forza magnetica d'una verga calamitata del peso d'una libbra (145). Se il ferro ed il nikel, probabilmente anche il cobalto (non il cromo (146), come si è lunga pezza creduto), sono le sole sostanze che durino magnetiche, e ritengano la polarità in virtù d'una certa forza coercitiva; d'altro canto i fenomeni del magnetismo di rotazione d'Arago e delle correnti d'induzione di Faraday provano, che ogni sostanza terrestre può con verosimiglianza ritenersi *transitoriamente* magnetica. Secondo le ricerche del primo de' grandi fisici ora nominati, l'acqua, il ghiaccio (147), il vetro ed il carbone esercitano un'azione sulle oscillazioni dell'ago calamitato affatto come il mercurio negli sperimenti di rotazione. Quasi tutte le sostanze si mostrano in un certo grado magnetiche, allorchè fanno l'ufficio di conduttori, vale a dire quando sono traversate da una corrente d'elettricità.

Sembra che i più antichi popoli occidentali avessero conoscenza della forza attraente delle calamite naturali; se non che (e questo fatto, di un molto solido fondamento storico, è abbastanza degno di nota) la cognizione della forza direttrice d'un ago calamitato, della sua relazione col terrestre magnetismo, appartiene soltanto ai popoli dell'estremità orientale dell'Asia, ai Cinesi. Mille e più anni avanti la nostra era, all'epoca oscura di Codro e del ritorno degli Eraclidi nel Peloponneso, i Cinesi avevano già *bilance magnetiche*, di cui il mobile braccio d'una figura umana accennava costantemente verso il mezzodì, per trovare con certezza la direzione a traverso le sconfinate pianure della Tartaria: in oltre nel terzo secolo dell'era nostra, vale a dire settecento anni almeno avanti l'introduzione della bussola nei mari europei, già i navigli cinesi veleggiavano nell'oceano indiano (148) seguendo la magnetica indicazione del mezzodì. In un'altra opera io ho mostrato quale supremazia (149) questo topografico mezzo

di orientarsi, questa precoce cognizione ed applicazione dell'ago calamitato ignoto all'Occidente abbia dato ai geografi cinesi sui geografi greci e romani, i quali, per esempio, ignorarono sempre la direzione vera degli Apennini e de' Pirenei.

La forza magnetica del nostro pianeta si manifesta alla superficie per tre classi di fenomeni, di cui una presenta l'*intensità* variabile della forza stessa, le altre due la variabile direzione nell'*inclinazione* e nella orizzontale *declinazione* del meridiano terrestre dei luoghi. L'effetto complessivo che il magnetismo produce all'esterno può quindi rappresentarsi graficamente mediante tre sistemi di linee, le linee *isodinamiche*, le linee *isocliniche* e le linee *isogoniche* (d'eguale intensità, d'eguale inclinazione e d'eguale declinazione). La distanza e la posizione relativa di queste costantemente mosse, oscillanti, progredienti curve non rimangono sempre le stesse. La totale declinazione a certi punti (150) della Terra, per esempio nella parte occidentale delle Antille ed allo Spitzberg, in un intero secolo non si altera o varia d'una finora appena osservabile maniera. Risulta del pari, che le isogoniche linee, se nel loro secolare movimento dalla superficie del mare ad un continente o ad un'isola di considerevole circonferenza fanno tragitto, vi si arrestano lungamente, e vi si ricurvan allora che passan oltre.

Questa successiva mutazione di configurazioni, ond'è la traslazione accompagnata e la sfera dell'orientale ed occidentale declinazione nel giro dei tempi così inegualmente allargata, rende difficile, nelle grafiche rappresentazioni, rispondenti a secoli diversi, di riconoscere le transizioni e l'analogia delle forme. Delle due, una curva ha la propria storia; ma questa storia presso i popoli occidentali in nessun luogo risale più oltre dall'epoca memorabile (13 sett. 1492), in cui il nuovo scopritore del nuovo mondo riconobbe a 3° a ponente del meridiano di Flores, una delle Azzore, una linea senza declinazio-

ne (151). Tutta l' Europa ha ora, tranne piccola parte della Russia una declinazione occidentale, mentre sullo scorcio del XVII.° secolo, prima a Londra nel 1657, indi a Parigi nel 1696 (con un divario così di 12 anni, malgrado la piccola distanza), l'ago era diretto esattamente verso il polo. Nella Russia orientale, a levante del fiume Volga, di Saratow, Nisni-Novgorod ed Arcangelo, passa d' Asia l' orientale declinazione infino a noi. Due egregii osservatori, Hansteen e Adolfo Erman, ci hanno fatto conoscere la mirabile doppia curvatura delle linee di declinazione nelle vaste regioni dell' Asia settentrionale: concave verso il polo tra Obdorsk sull' Obi e Turuchansk, sono convesse tra il lago Baikal ed il golfo di Ochotsk. In queste ultime parti della Terra, al settentrione dell' Asia orientale, tra la catena di Werchoiansk, Jakutsk e la Corea settentrionale, le linee isogoniche formano un notevole sistema rinchiuso in sè stesso. Questa forma ovalaria (152) si riproduce regolarmente ed in una maggior circonferenza nel mare del mezzodì, quasi sotto il meridiano di Pitcairn e dell' arcipelago delle Marchesi fra 20° di latitudine boreale e 45° di latitudine australe. Inclinerebbesi a ritenere una così singolare configurazione di rinchiudentisi e quasi concentriche linee di declinazione come l' effetto di una locale proprietà del globo terrestre; ma se tale sistema in apparenza isolato deve pure nel corso dei secoli procedere avanti, bisogna conchiudere che questi fenomeni, come tutti i grandi fatti naturali, si riferiscono ad una causa più generale.

Le variazioni orarie della declinazione dipendendo dal tempo vero, appariscono regolate dal Sole, fin tanto che esso è sull' orizzonte d' un luogo, e decrescono in valore angolare con la magnetica latitudine. Presso l' equatore, per esempio nell' isola Rawak, sono appena di tre in quattro minuti, mentre ascendono a tredici o quattordici minuti nell' Europa centrale. Ora, siccome in tutto l' emisfero settentrio-

nale l'estremità boreale dell'ago dalle 8 1/2 della mattina fino ad 1/2 della sera, termine medio, procede da levante a ponente, e nello stesso tempo da ponente a levante nell'emisfero australe, si è perciò a ragione di recente avvertito (153), che una regione della Terra, probabilmente fra il terrestre ed il magnetico equatore, dar si possa, nella quale non si osservi alcuna variazione oraria della declinazione. Questa quarta curva, quella del niun movimento o più tosto *linea senza variazione oraria della declinazione*, non è stata fino ad ora trovata.

Nella stessa guisa che *magnetici poli* si chiamano i punti della terrestre superficie dove la forza orizzontale svanisce, ed a questi punti dassi maggiore importanza che loro propriamente non compete (154), del pari il *magnetico equatore* è detta quella curva dei punti ove l' inclinazione dell'ago è nulla. Il sito di questa linea e la secolare variazione della sua forma furono in questi ultimi tempi oggetto di solerti investigazioni. Secondo gli eccellenti lavori di Duperrey (155), il quale toccò sei volte il magnetico equatore tra gli anni 1822 e 1825, i nodi d'ambo gli equatori, i due punti nei quali la *linea senza inclinazione* taglia il terrestre equatore e quindi passa dall'uno all'altro emisfero, sono così inegualmente distribuiti, che nell'anno 1825 il nodo presso l'isola S. Tomaso verso la costa occidentale d'Africa distava al più breve cammino 188° 1/2 dal nodo nel mare del Mezzodì presso le piccole isole di Gilbert (quasi sotto il meridiano dell'arcipelago di Viti). Io ho, nel principio di questo secolo, ad un'altezza di 3600 metri sovra il livello del mare, potuto determinare astronomicamente il punto (7° 1′ lat. austr. e 48° 40′ long. occid.), dove nell'interno nuovo del continente la catena delle Ande fra Quito e Lima dal magnetico equatore è attraversata. Di qui a ponente il magnetico equatore traversa quasi tutto il mare del Mezzodì nell'emisfero australe, e lenta-

mente all'equatore terrestre si accosta. Passa prima nell'emisfero settentrionale alquanto innanzi all'arcipelago indiano, tocca solamente le estremità meridionali dell'Asia, e penetra poscia nel continente africano a ponente di Socotera, quasi allo stretto di Bab-el-Mandeb, dove allora s'allontana maggiormente dall'equatore terrestre. Attraversate le incognite regioni dell'interno dell'Africa nella direzione di mezzodì-ponente, il magnetico equatore si rivolge indietro verso il golfo di Guinea nella zona australe dei tropici, e s'allontana dal terrestre equatore cotanto, che va a toccare la brasiliana costa presso Os Ilheos a tramontana di Porto Seguro a 15° di latitudine australe. Di là fino agli altipiani delle Cordigliere, tra le argentifere miniere di Micuipampa e l'antica residenza degl'Incas, Caxamarca, dove io potei osservare l'inclinazione dell'ago percorre tutta l'America meridionale, la quale fino al presente sotto quelle latitudini è una magnetica *terra incognita,* del pari che l'Africa centrale.

Nuove osservazioni raccolte da Sabine (156) ci hanno appreso che il nodo dell'isola S. Tommaso dal 1825 al 1837 è già spostato di 4° da Oriente verso Occidente. Sarebbe della massima importanza il sapere, se l'opposto nodo delle isole Gilbert nel mare del Mezzodì siasi altrettanto accostato verso ponente al meridiano delle Caroline. Questa generale rassegna dee bastare per far vedere come i differenti sistemi di linee isocliniche non del tutto parallele si annodino al grande fenomeno dell'equilibrazione che si manifesta nel magnetico equatore. La perscrutazione poi delle leggi del tellurico magnetismo non è di mediocre vantaggio, atteso che l'equatore magnetico, le cui oscillanti variazioni di forma, ed il cui movimento di nodi, mediante le cangianti magnetiche latitudini, esercitano un'influenza sull'inclinazione dell'ago nelle più lontane contrade (157), comprendendo nella sua lunghezza totale, per effetto d'una singolare distribuzione della

superficie marittima e terrestre sino a 1/5 d'oceano, viene a rendersi tanto più accessibile ora che si possiede il mezzo di determinare navigando l'inclinazione e la declinazione con la più scrupolosa esattezza.

Noi abbiamo esposto la distribuzione del magnetismo alla superficie del nostro pianeta secondo il duplice aspetto della declinazione e della inclinazione dell' ago calamitato. Ci rimane a considerarlo sotto la terza forma, quella dell' intensità della forza la quale per mezzo delle curve isodinamiche (linee d'uguale intensità) viene graficamente rappresentata. La ricerca e la misura di questa forza mediante l' oscillazione di un ago verticale od orizzontale cominciarono a destare, per la sua tellurica relazione, una generale e viva curiosità non prima del nostro secolo. La misura della forza orizzontale, mercè particolarmente l' applicazione dei perfezionati mezzi dell' ottica e della cronometria, si è resa suscettiva di una tale esattezza, che supera di gran lunga quella di tutte le altre magnetiche determinazioni. Se le isogoniche linee per l'immediata applicazione alla nautica sono di maggiore importanza, le isodinamiche d' altro canto promettono alla teoria del magnetismo terrestre i più fertili risultamenti (158). Intanto per primo fatto si è riconosciuto che l' intensità della forza totale decresce andando dall'equatore verso il polo (159).

La cognizione della misura di questo decremento d' intensità, e la ricerca della legge di numerica proporzione ond' essa è distribuita per l' intero globo terrestre, sono dovute principalmente, dall' anno 1819, all'infaticabile attività di Eduardo Sabine, il quale, dopo avere osservato le oscillazioni dell' ago con gli stessi apparecchi, al polo nordico americano, in Groenlandia, allo Spitzberg, sulle coste della Guinea e nel Brasile, continuò a raccogliere e coordinare tutto ciò che la direzione delle linee isodinamiche vale a chiarire. Il primo abbozzo d' un isodinamico sistema, diviso per zone,

io stesso diedi fuori per una piccola parte dell' America meridionale. Queste linee non sono parallele a quelle d' uguale inclinazione; l' intensità della forza non è, come da principio si era creduto, ridotta al minimo termine al magnetico equatore, essa non vi è tampoco uniforme in nessuna parte. Quando le osservazioni di Erman nella parte meridionale dell' oceano Atlantico, dove si trova una zona di debole intensità (0,706) che va d' Angola per l' isola di Sant' Elena fino alle coste del Brasile, si paragonano con le più recenti osservazioni del grande navigatore Giacomo Clark Ross, trovasi che alla superficie del nostro globo la forza verso il polo magnetico australe, là dove la terra Vittoria dal capo Crozier si prolunga fin presso al Vulcano Erebo che s' innalza circa 3800 metri in mezzo ai ghiacci, aumenta quasi nella proporzione di 1 a 3 (160). Se l' intensità, presso il magnetico polo australe, esprimesi per 2,052 (si prende ancora sempre per unità l' intensità ch' io ho determinata sull' equatore magnetico al Perù settentrionale), Sabine ha d' altro canto trovato che essa è soltanto 1,624 al polo magnetico nord, presso le isole Melville (lat. 70° 27′ S.), mentre nello stato di Bereinigten presso Nuova York (quasi sotto la stessa latitudine di Napoli) è 1,803.

A merito delle spendide scoperte di Oerstedt, Arago e Faraday, si è determinata un' intima relazione tra la tensione elettrica dell' atmosfera e la tensione magnetica del globo terrestre. Se, stando ad Oerstedt, è riconosciuto che un corpo conduttore viene calamitato dalla corrente elettrica che lo traversa; per lo contrario, giusta le ricerche di Faraday, il magnetismo fa nascere, per induzione, elettriche correnti. Il magnetismo così non è che una delle molteplici forme sotto le quali l' elettricità si manifesta. L' antichissimo oscuro presentimento dell' identità dell' elettrica e magnetica attrazione è al nostro tempo pienamente avverato. « Allorchè lo

elettro (l'ambra), dice Plinio nel senso della ionica naturale filosofia di Talete, mediante l'attrito ed il calore viene *animato*, attrae pagliuzze e foglie secche non altrimenti che la magnetica pietra, il ferro (161). » Le stesse parole troviamo nella letteratura d'un popolo che abita l'estremità orientale dell'Asia, presso il fisico cinese Kuofo nella lode della calamita (162). Non senza stupore ebbi eziandio ad osservare presso le selvose sponde dell'Orenoco, fra i giochi fanciulleschi di que'selvaggi, una delle razze più degradate che mai sieno, conoscersi il modo di eccitare l'elettricità mediante la fregagione. I fanciulli stropicciavano secchi, schiacciati e brillanti semi d'una pianta arrampicantesi a baccelli (probabilmente una *negretia*), fino a tanto da attrarre fuscelli di cotone o di canna di bambusa. Ciò che per ignudi selvaggi color di rame non è che un trastullo, è tale per noi da suscitare le più gravi riflessioni. Quale abisso non divide l'elettrico scherzo di que' dalla scoperta di un parafulmine, di una pila voltaica, d'un magnetico apparato produttore di scintille! Migliaia d'anni di progressi e d'intellettuale sviluppamento scavarono un tale abisso!

La perpetua variazione, l'oscillatorio movimento che si osserva in tutti i magnetici fenomeni, ai quali l'inclinazione, la declinazione e l'intensità delle forze appartengono, secondo le ore del giorno ed anche della notte, secondo le stagioni e la serie d'interi anni, lasciano congetturare varie sorta di parziali sistemi di elettriche correnti nella terrestre scorza. Sono desse queste correnti, come nelle sperienze di Seebeck, termo-elettriche immediatamente prodotte da ineguale ripartizione del calore? o pure non sono da considerare piuttosto come correnti d'induzione nate dall'azione calorifera del Sole (163)? Hanno la rotazione del pianeta e l'alto della velocità, che le singole zone acquistano secondo la loro distanza dall'equatore, un'influenza sulla distribuzione del magnetis-

mo? Deesi la sede delle correnti, vale a dire della commossa elettricità, nell'atmosfera, negli spazii interplanetarii o nella polarità del Sole e della Luna ricercare? Di già Galileo nel suo famoso *Dialogo* inclinava ad attribuire la parallela direzione dell' asse terrestre ad un magnetico punto d' attrazione negli spazii mondiali.

Quando voglia rappresentarsi l'interno del globo terrestre come in fusione e ad un'enorme pressione soggetto, come levato ad una temperatura per la quale non abbiamo misura alcuna, bisogna ben rinunziare ad un magnetico nucleo della Terra. Il magnetismo non isparisce totalmente se non al calore bianco (164); esso manifestasi ancora quando il ferro è cupo rovente; e per quanto differenti altresì possano essere le modificazioni che prova lo stato molecolare e quindi la dipendente forza coercitiva della materia negli esperimenti, rimane pur sempre un considerevole spessore nella scorza terrestre, che si può riguardare come sede delle magnetiche correnti. Spiegavansi anticamente le orarie variazioni della declinazione col progressivo riscaldamento della Terra nell'apparente diurno movimento del Sole; ma convien limitare una tale azione alla più esterna superficie: imperocchè accurate osservazioni fatte in parecchi luoghi del globo coll' aiuto di termometri internati nel suolo a diverse profondità, mostrarono quanto lentamente lo stesso calore solare penetri a pochi piedi soltanto. Oltre a ciò lo stato termico della superficie del mare che copre 2/3 del pianeta, non accordasi troppo con questa spiegazione, ove trattisi d' un' azione immediata, e non d' un' azione d' induzione esercitata dagli strati d' aria e di vapori dell' atmosfera.

A tutte le ricerche, tendenti a conoscere le ultime cause fisiche di sì complicati fenomeni, non è possibile nello stato attuale del nostro sapere di dare ancora alcuna soddisfacente risposta. Soltanto ciò che nella triplice manifestazione della

forza terrestre si presenta, come le misurabili relazioni dello spazio e del tempo, come la regolarità nelle variazioni, ha recentemente fatto mercè la determinazione numerica dei vapori medii i più splendidi progressi. Da Toronto nell'alto Canadà fino al capo di Buona Speranza ed alla terra di Van Diemen, da Parigi a Berlino venne la terra dall'anno 1828 in poi d'*osservatorii magnetici* coperta (165), nei quali senza posa mediante simultanee osservazioni si spia ogni regolare od irregolare movimento del magnetismo terrestre. Si misura un decremento di 1/40000 della magnetica intensità, si osserva a certe epoche per 24 ore consecutive, ad intervalli di due minuti e mezzo. Un grande astronomo e fisico inglese ha calcolato che il numero delle osservazioni da discutere in tre anni ascenderà alle 1958000 (166). Giammai sì grandioso, sì consolante sforzo si è manifestato allo scopo di profondamente scrutare le leggi onde si opera un fenomeno della natura. Si osa quindi a buon diritto sperare che, paragonando queste leggi con quelle che regnano nell'atmosfera ed in ispazii ancora più lontani, ci verrà fatto successivamente di risalire fino alla genesi stessa delle magnetiche manifestazioni. Finora possiamo soltanto gloriarci, che al maggior numero possibile è stata dischiusa la via che guida alla dimostrazione. Nella fisica teoria del magnetismo terrestre, che con la matematica pura non dev'essere scambiata, si trovano, come nella teoria dei meteorologici processi dell'atmosfera, taluni i quali perfettamente contenti de' fenomeni che li appagano, tutti mettono in non cale i fatti che non possono spiegare secondo i proprii intendimenti.

Il tellurico magnetismo, le elettro-dinamiche forze misurate dall'ingegnoso Ampère (167), stanno ad un tempo in intima relazione con la luce terrestre o polare, come con l'interno ed esterno calore del nostro pianeta, i cui poli magnetici sono considerati come poli di freddo (168). Ciò che Halley,

Già più di 128 anni, dava come un' arrischiata congettura, vale a dire che l' aurora boreale fosse un fenomeno magnetico, venne da Faraday con la sua splendida scoperta (lo sviluppamento della luce mediante magnetiche forze) convertito in una empirica certezza (169). Esistono fenomeni forieri dell' aurora boreale. Di già alla mattina che precede la notturna luminosa apparizione annunzia consuetamente l' irregolare orario movimento dell' ago calamitato una perturbazione nell' equilibrio delle forze magnetiche della terra. Quando questa perturbazione è arrivata al colmo dell' intensità, l' equilibrio si ristabilisce mediante una scarica accompagnata da uno sprigionamento di luce. « L' aurora boreale non è quindi ella stessa da riguardarsi come una causa esterna della perturbazione, ma come una tellurica attività che giunge fino a produrre fenomeni luminosi, e la quale si manifesta da un lato con questi splendori, dall' altro con le oscillazioni dell' ago calamitato (170). » Il magnifico fenomeno delle colorate aurore boreali è l' atto dello sfogo, il fine di una magnetica tempesta, come nelle tempeste elettriche parimente uno sprigionamento di luce, il lampo, annunzia il ristabilimento del perturbato equilibrio nella distribuzione dell' elettricità. La procella elettrica è solitamente circoscritta ad un piccolo spazio, fuori del quale lo stato elettrico dell' atmosfera rimane inalterato. La magnetica procella invece manifesta la sua azione sul movimento dell' ago per un grande tratto dei continenti, e, come Arago primieramente scoperse, quest' azione si fa sentire lontano dai luoghi ove il fenomeno luminoso è stato visibile. Non è inverosimile che, nella stessa guisa che non sempre da gravide minacciose nubi e ne' frequenti trapassi dell' atmosfera da uno stato d' elettricità ad un contrario avvengono scariche per via di lampi, così anche le magnetiche tempeste possano produrre grandi perturbazioni nell' orario movimento dell' ago nella più lata sfera senza che l' equilibrio

della distribuzione abbia *necessariamente* a ristabilirsi mediante esplosione, mediante luminose emanazioni da un polo all' equatore o pure da un polo all' altro.

Ove tutte in un quadro si vogliano raccorre le particolarità del fenomeno, convien descrivere il principio e le fasi di un' aurora boreale compiutamente formata. In fondo all' orizzonte, presso il luogo dov' esso viene tagliato dal meridiano magnetico, si oscura il da prima sereno cielo. Ivi formasi come una specie di velame nubiloso, il quale a poco a poco va montando fin che arriva all' altezza di 8 in 10 gradi. Il colore dell' oscuro segmento passa dal bruno al violetto. Le stelle vi sono visibili come a traverso d' un denso fumo ottenebrante la regione del cielo. Un arco più ampio, ma d' una fulgida luce, prima bianco, indi giallo, orla l' oscuro segmento, ma poichè quest' arco rifulgente apparisce più tardi del segmento, non si può, secondo Argelander, attribuire quest' ultimo al semplice effetto d' un contrasto col rutilante orlo (171). Il punto più alto dell' arco luminoso, e dove fu con esattezza misurato, non è solitamente per intero nel magnetico meridiano, ma se ne scosta 5°-18° dal lato verso il quale la declinazione magnetica del luogo si dirige (172). Sotto le alte latitudini, molto vicine al polo magnetico, il nubiloso sferico segmento apparisce meno buio, talvolta niente del tutto. Ivi pure, dove la forza orizzontale è più debile, si vede il mezzo dell' arco luminoso alla maggiore distanza dal magnetico meridiano.

Per lunghe ore talvolta rimane l' arco luminoso in un continuo stato d' effervescenza, oscillando e mutando forma, prima di sprigionar razzi e fasci di luce che salgono fino allo zenit. Quanto più intense sono le emissioni della luce polare tanto più vivace è lo scherzo dei colori che, dal violetto al bianco azzurrognolo, passano per tutte le gradazioni al verde ed al rosso porporino. Lo stesso suole avvenire delle scintille nella provocata elettricità; non si colorano se non quando

forte è la tensione e l' esplosione molto veemente. Le magnetiche infocate colonne ora irrompono fuori dell' arco luminoso soltanto, commiste anche a foschi raggi simili a un denso fumo; ora s' innalzano simultaneamente in molti differenti punti dell' orizzonte e si raccolgono in un agitato mare di fiamme di cui pittura nessuna saprebbe ritrarre la magnificenza, poichè ad ogni batter d' occhio le sue fulgide ondulazioni assumono aspetto diverso. L' intensità di questa luce è in certi momenti si grande, che Lowenörn potè riconoscere a pieno sole (29 gen. 1786) le oscillazioni della luce polare. Il movimento accresce la visibilità del fenomeno. Intorno al punto della celeste vôlta, che corrisponde alla direzione dell' inclinazione dell' ago, gl' innumerevoli raggi finalmente si raccolgono e formano la così nomata *corona* dell' aurora boreale. Essa fa cerchio come la sommità d' un baldacchino celeste con un blando splendore e senza tremolio nell' emanata luce. In qualche raro caso soltanto giunge il fenomeno alla perfetta formazione della corona; con essa però sempre egli tocca il suo fine. I raggi allora diventano più rari; s' accorciano e scoloriscono. La corona e tutto l' arco luminoso si dissolvono. Ben tosto più altro non si vede sulla vôlta celeste che larghe macchie pallide o d' una luce quasi cenerognola, immobili ed irregolarmente sparpagliate; elle sonosi già anche dileguate e la traccia dell' oscuro segmento persiste ancora in fondo all' orizzonte. Di tutto questo spettacolo non altro sovente rimane all' ultimo che una tenue nube biancastra ad orli impennati, o divisa in piccoli rotondi ammassi (come i *cirro-cumuli*) ad intervalli uguali.

Questo legame della luce polare con una tale peculiare specie di nubi merita particolare attenzione, poichè ci mostra l' elettro-magnetico sviluppamento di luce come parte d' un *meteorologico* processo. Il tellurico magnetismo si appalesa qui operativo sull' atmosfera mediante la condensazio-

ne degli acquei vapori. Ciò che Thienemann, il quale reputava le così dette nubi pecorine il *substratum* della luce polare, vide in Islanda, venne negli ultimi tempi da Franklin e Richardson al polo nordico d'America, dell'ammiraglio Wrangel sulle coste siberiche del mar Glaciale pienamente confermato. Tutti osservarono, « che la luce polare emetteva i suoi più vivi raggi allorquando nelle alte regioni dell'aere stavano sospesi ammassi di *cirro-strati*, e quando questi erano tanto leggieri, da formare un alone intorno alla Luna. Aggruppansi talvolta le nubi di bel giorno a simiglianza dei raggi della luce polare, e come questa turbano l'ago calamitato. Dopo una grande aurora boreal ebbesi a riconoscere subito alla mattina seguente strisce di nubi l'una dietro l'altra schierate, le quali la notte erano state vedute rilucenti (173). Quelle fasci polari convergenti (strisce di nubi nella direzione del meridiano magnetico) che fermarono la mia attenzione nei miei viaggi nelle alte pianure del Messico, come nell'Asia settentrionale, appartengono probabilmente alla medesima classe di fenomeni diurni (174).

Australi aurore furono spesso vedute dal perspicace e diligente osservatore Dalton in Inghilterra, come pure *boreali* nell'emisfero australe (14 gen. 1831) al 45° di latitudine. Non è raro il caso in cui l'equilibrio magnetico sia nel medesimo tempo turbato in ambo i poli. Io ho con precisione riscontrato che fino nelle tropiche regioni, nel Messico e nel Perù, si sono vedute aurore boreali. Bisogna distinguere tra la sfera della contemporanea visibilità del fenomeno, e la terrestre zona in cui il fenomeno è quasi ogni notte veduto. Ogni osservatore è certo di vedere come il suo arco baleno, così anche la sua aurora boreale. Una gran parte della Terra e campo nello stesso tempo del fenomeno luminoso. Molte notti possono darsi nelle quali in Inghilterra ed in Pensilvania, a Roma ed a Pechino viene simultaneamente osservato. Quan-

do si afferma che la luce polare decresce con la decrescente latitudine, bisogna riguardare la latitudine quale magnetica, misurata per la distanza dal magnetico polo. In Islanda, in Groenlandia, a Terra Nuova, alle sponde del lago dello Schiavo ed a Fort-Entreprise nell' Alto Canadà essa accendesi a certi tempi dell'anno quasi ogni notte e festeggia, come dicono gli abitanti dell' isola di Shetland, come saltellanti raggi « le gioconde danze del cielo (175). » Mentre in Italia l'aurora boreale è una rarità grande, la si vede frequente al maggior secondo nelle latitudini di Filadelfia (39° 57') a cagione che quelle regioni australi sono meno distanti dal magnetico polo americano. Se non che anche nelle contrade che nel nuovo continente e sulle siberiche coste sono contraddistinte per la grande frequenza del fenomeno, hannovi come a dire particolari tratti, lunghe zone, in cui la luce boreale è senza confronto più risplendente e magnifica. Locali influenze non sono quindi da rifiutarsi (176). Wrangel vedeva lo splendore diminuire a misura ch'ei s'allontanava dal litorale del mar Glaciale verso Nisnikolymsk. Le prove raccolte nelle spedizioni al nordico polo sembrano dimostrare, che affatto presso al polo magnetico come ad una certa distanza da esso la produzione della luce boreale non sia nè più viva nè più frequente.

Ciò che intorno all' altezza delle aurore boreali sappiamo, si fonda sulle misure, le quali di loro natura, a cagione delle continue oscillazioni del fenomeno luminoso e quindi della conseguente incertezza degli angoli parallatici, non possono ispirare molta fiducia. Gli ottenuti risultamenti ondeggiano, per non mentovare i computi antichi, tra alcuni miriametri e 1000 o 1200 metri (177). Non è verosimile che il fenomeno abbia a diversi tempi distanze molto diverse. I recenti osservatori opinano che esso non si svolga ai limiti dell' atmosfera, ma nella regione stessa delle nubi; credono anzi che i raggi delle aurore boreali potrebbero essere smossi dai venti

e dalle correnti aeree, se effettivamente il fenomeno, mediante cui sempre l'esistenza d'una elettro-magnetica corrente ci viene rivelata, ai materiali gruppi dei mobili vapori vescicolari fosse legato, o per dir meglio, li traversasse, passando dall'una altra vescichetta. Sulle rive del lago del Grand' Orso, Franklin vide una sfavillante aurora boreale, la cui luce parvegli illuminasse il lato inferiore d' uno strato di nubi, mentre che a 3 o 4 miriametri più lungi Kendal, che avea vegliato tutta la notte senza levar mai gli occhi dalla celeste vôlta, non iscorse alcuna traccia di luce. Venne ultimamente asserito che i raggi dell' aurora boreale si accostano talvolta alla Terra, fin anco scendendo tra l' osservatore ed un' eminenza vicina; ma qui, come nei lampi e nella caduta dei bolidi, si corre gran pericolo d' un' ottica illusione.

Se le magnetiche tempeste intorno a cui abbiamo già addotto un notabile esempio della maggiore locale limitazione, abbiano con le tempeste elettriche. oltre la luce, comune anche il fragore, è sommamente dubbioso, poichè non si può più prestare assoluta fede ai racconti dei pescatori della Groenlandia e dei cacciatori di Volpi della Siberia. Le aurore boreali sono divenute silenziose dopo che s' intende ad osservarle, a spiarle con più cura. Parry, Franklin e Richardson al polo settentrionale, Thienemann in Islanda, Gieseke in Groenlandia. Lottin e Bravais al capo Nord, Wrangel ed Anjou sulle coste del mar Glaciale hanno veduto a migliaia aurore boreali, e non udirono mai fragore. Vuolsi che queste negative testimonianze non abbiano valore contro due positive, quella di Hearne alla foce del fiume della Miniera di Rame, e quella di Handersoy in Islanda; ed allora bisogna dimenticare che se Hood durante un' aurora boreale udì romore come di un brusco moversi di palle da fucile e d' un basso scoppio, lo stesso romore fu anche il dì seguente senza però alcuna luce polare; bisogna dimenticare, come Wrangel e Gieseke

acquistarono la più ferma convinzione che l'udito fragore sia da attribuirsi alla contrazione dei ghiacci e della neve indurita, per un improvviso raffreddamento dell'atmosfera. La credenza in un crepitante romore non ha quindi nel volgo, ma sì bene appo i più dotti viaggiatori preso radice, in quanto che altra volta, a cagione dei balenamenti elettrici proprii delle regioni dell'aere rarefatto, l'aurora boreale spiegavasi per un effetto dell'atmosferica elettricità, e così udivasi ciò che desideravasi pur di udire. Nuove ricerche eseguite co' più sensibili elettroscopii hanno contro ogni aspettazione prodotto soltanto negativi risultamenti. Lo stato dell'elettricità atmosferica durante le più intense aurore boreali non si trovò punto variato.

Per lo contrario tutte tre le manifestazioni della forza del terrestre magnetismo, la declinazione, l'inclinazione e la densità vengono ad un tempo dall'aurora boreale immutate. In una medesima notte essa agisce sopra un'estremità dell'ago, ora attraendo, ora ripulsando, giusta le differenti gradazioni del suo sviluppamento. L'asserzione di Parry, dedotta dai fatti per lui raccolti presso il magnetico polo nelle isole Melville, che l'aurora boreale non turba l'ago calamitato, ma più tosto esercita su lui « un'azione sedativa, » viene abbastanza confutata da un più accurato esame del diario di viaggio di Parry medesimo (178) e dalle belle osservazioni di Richardson, Hood e Franklin nell'Alto Canadà, come ultimamente da quelle di Bravais e Lottin in Lapponia. La produzione della luce polare è, come già osservammo, l'atto del ristabilimento d'un turbato equilibrio. L'effetto sull'ago è differente secondo la misura della gagliardia dell'esplosione. Agli osservatori di Bozekop nella loro invernale stazione esso riusciva quindi impercettibile, allorquando il fenomeno luminoso mostravasi assai debole e s'innalzava appena sopra l'orizzonte. Sagacemente paragonati vennero i crescenti cilindrici raggi

alla fiamma che si produce in un circuito voltaico tra due punte di carbone molto l' una dall' altra distanti, o secondo Fizeau, tra una punta d' argento ed una di carbone; fiamma che da una calamita viene attirata o respinta. Questa analogia rende almeno superflua l' ipotesi di metallici vapori sospesi nell' atmosfera, cui celebri fisici riguardavano come il *substractum* dell' aurora boreale.

Se il luminoso fenomeno, che noi abbiamo attribuito ad una galvanica corrente, vale a dire, ad un movimento dell' elettricità entro una propria sua circonferenza, viene coll' indeterminato nome d' aurora boreale o di luce polare contraddistinto, egli è perciò solo ch' esso indica la locale direzione in cui il più delle volte, non già sempre, mirasi l' incominciamento del fenomeno stesso. Ciò che poi forma la sua maggiore importanza, è il fatto che la *Terra diventa luminosa*, che un pianeta, oltre la luce che riceve dal suo corpo centrale, il Sole, si mostra suscettivo di emetterne una propria. L' intensità della *luce terrestre*, o più tosto il chiarore che essa può spargere, sorpassa nel suo più alto colorato splendore e secondo lo zenit de' saglienti raggi alcun poco la luce del primo quarto della Luna. Talvolta (7 gen. 1831) ha permesso di leggere senza fatica caratteri impressi. Questa luce della Terra, la cui emissione non è quasi mai interrotta nelle regioni polari, ci conduce per analogia ad un notevole fenomeno che quella di Venere presenta. La parte di questo pianeta non illuminata dal Sole splende talvolta di un barlume fosforescente. Non è verosimile, che la Luna, Giove e le comete ancora, indipendentemente da quella, riconoscibile col mezzo del polariscopio, ricevuta dal Sole, vibrino una luce emanata dalla loro propria sostanza. Senza mentovare la problematica, ma assai comune apparenza di que' lampeggiamenti con cui un'intera nube in fondo all' orizzonte tremolando sfavilla per molti minuti consecutivi troviamo nella nostra atmosfera altri

esempi ancora di questa produzione di luce terrestre. Tali sono le famose nebbie asciutte degli anni 1783 e 1831 risplendenti di notte; quelle grandi nubi, osservate da Rozier e Beccaria, le quali splendevano d'una luce tranquilla senza ondulazioni; e così pure, giusta un'ingegnosa osservazione d'Arago, quella fiocca diffusa luce, la quale guida i nostri passi a cielo aperto nelle notti d'autunno o di primavera, allora che le nubi intercettano ogni chiarore di luna e di stelle e che la neve non copre la terra (179). Alla stessa guisa che le aurore boreali, le elettro-magnetiche tempeste, nelle alte latitudini, traversano con la corrente della loro spesso colorata luce l'atmosfera, sono del pari le calde zone dei tropici per molte migliaia di leghe quadrate d'oceano produttrici di fenomeni luminosi. Qui però il magico spettacolo è generato dalle forze organiche della natura. Spumeggianti di luce si travolvono gli accavallati flutti, scintille sprizzano le vaste pianure, ed ogni scintilla è il vitale movimento d'un invisibile mondo animale. Così multiforme è la sorgente della terrestre luce. È egli mestieri figurarsi questa luce come ancora latente, vincolata a certi vapori, onde spiegare la *formazione delle imagini a distanza* di Muser, scoperta in cui la realtà ci apparisce finora come le larve misteriose d'un affannoso sogno?

Se l'interno calore del nostro pianeta da un lato si annoda al commovimento delle elettro-magnetiche correnti ed al fenomeno luminoso della Terra (conseguenza del prorompere d'una magnetica tempesta), esso presentasi pure dall'altro lato come la sorgente principale dei fenomeni geognostici. Noi ci faremo a considerare questi fenomeni nella loro concatenazione e nel loro trapasso da un semplice dinamico scotimento e dal sollevamento d'interi continenti e catene di montagne fino all'ingenerazione ed all'eruzione dei gas e dei vapori, dei caldi fanghi, delle infocate e liquefatte terre, le quali si assodano trasformandosi in rocce cristalline. Non fu un piccolo progres-

so della moderna geognosia (la parte mineralogica della fisica terrestre) l'avere scrutata profondamente e determinata questa concatenazione di fenomeni. Una tale teoria dà lo sfratto a quelle puerili ipotesi, con le quali altre volte si cercava di spiegare ogni singola manifestazione delle forze della Terra; essa mostra il legame tra la produzione della multiforme materia, e ciò che appartiene alle semplici mutazioni d'estensione (*scuotimenti* e *sollevamenti*); essa coordina gruppi di fenomeni che a primo aspetto s'appresentano come i più dissomiglianti: vale a dire le sorgenti termali, le emissioni di gas acido carbonico e di vapori solforosi, le chete *salse*, (eruzioni fangose) e le eruzioni delle ignivome montagne, cagioni di spaventevoli guasti. In un quadro generale della natura, tutte queste particolarità si confondono in un solo e medesimo concetto, la *reazione dell' interno d' un pianeta contro i suoi strati esteriori.* Nella temperatura della Terra, che va crescendo gradualmente dalla superficie fino al centro, noi riconosciamo la causa prima ad un tempo del sollevamento d' interi continenti (come le catene delle montagne sopra lunghe spaccature), delle eruzioni vulcaniche e della multiforme generazione delle rocce e dei minerali. Ma l' influenza di questa reazione dell' interno contro l' esterno non si è limitata soltanto alla inorganica natura. È molto probabile che nell' antico mondo potenti emissioni di gas acido carbonico si mescolassero alla atmosfera, favorissero il processo, mediante il quale i vegetabili si assomiliano il carbonio, e formassero così le primitive foreste, origine dall' inesauribile ammasso di materie combustibili (ligniti e carbone di terra) che i sovvertimenti del globo hanno sepolto negli strati superficiali. Il destino altresì dell'umana specie noi riconosciamo come in qualche guisa dipendente dalla formazione dell' esteriore scorza terrestre, dalla direzione delle grandi catene di montagne e degli altipiani, dalla configurazione articolata dei sollevati continenti. Allo

spirito scutatore è dato in questa concatenazione di fenomeni, risalire di grado in grado fin all' epoca del trapasso primitivo della conglobata materia allo stato liquido o denso, in cui si sviluppò l' interno calore della Terra, indipendentemente dall' azione del Sole.

Volendo nel quadro dei fenomeni geognostici, non perdere di mira la connessione tra la causa e gli effetti, incomincieremo da quelli il cui carattere principale è dinamico, e consiste in commovimento e variazioni di spazio. I *terremoti* si manifestano per mezzo di perpendicolari, orizzontali o circolari oscillazioni, che si seguono e si ripetono a brevi intervalli. Pel non iscarso numero di quelli ch' io ebbi agio di vedere nelle due parti del mondo in terra ed in mare, le due prime specie di scosse mi parvero il più delle volte simultanee. L' azione verticale di sotto in su produsse nello stato di Riobamba (1797) una esplosione simile a quella d' una mina, per cui nel violento abbattimento i cadaveri di un gran numero d' abitanti furono slanciati al di là del ruscello di Lican, fino sulla Cullca, collina alta parecchie centinaia di piedi. Propagasi il più delle volte la scossa in direzione retta a guisa delle onde con una celerità di 4 o 5 miriametri per minuto; talvolta si formano circoli o grandi ellissi di commozione, in cui le scosse si propagano dal centro alla circonferenza, diminuendo però d' intensità. Vi sono contrade soggette a due intersecantisi circoli di commozione. Nell' Asia settentrionale, in cui il padre della storia (180) e più tardi Teofilatto Simocatta (181), dicevano le scitiche regioni libere da terremoti, io ho trovato che la parte meridionale sì metallifera dell' Altai è sotto la duplice influenza del centro di scotimento dell' ago Baikal e dei vulcani delle montagne Celesti (Thian-scian) (182). Se i circoli di commozione si dividono, se, per esempio, un altopiano è situato tra due vulcani simultaneamente in attività,

possono darsi più sistemi di onde ad un tempo e, come nei fluidi, non turbarsi mutuamente. Potrebb' esservi anche *interferenza*, come nel caso delle onde sonore che s' incrocicchiano. L' onda di scuotimento dee aumentare, propagandosi nella scorza terrestre, a misura che s' approssima alla superficie, giusta la legge generale della meccanica, secondo la quale ogni moto di vibrazione, che si trasmette a traverso un corpo elastico, tende a staccarne gli strati superficiali.

Le onde di scuotimento furono, per mezzo del pendolo e del bacinetto sismometrico, abbastanza esattamente nella loro direzione e totale intensità esaminate, ma non nell' intima natura della loro alternanza e periodica intumescenza. Nella città di Quito, la quale giace a' piedi d' un vulcano ancora in attività (il Rucu-Pichincha) a 2910 metri sopra il livello del mare, e fa mostra di belle cupole, d' elevate chiese e di massicce case a diversi piani, ebbi sovente a meravigliarmi, come la veemenza delle notturne scosse di terra sì di rado cagionassero fenditure alle muraglie, mentre nelle pianure del Perù oscillazioni apparentemente molto men gagliarde danneggiano basse capanne di giunchi. Gl' indigeni che hanno provato terremoti a migliaia, credono la differenza dipendere non tanto dalla lunghezza o brevità delle scosse, dalla lentezza o rapidità dell' orizzontale oscillazione (183), quanto dalla regolarità dei movimenti che si producono in direzione contraria. Le scosse circolari o rotatorie sono le più rare, ma eziandio le più pericolose. Storcimenti di muraglie senz' essere rovesciate, incurvature di viali da prima rettilinei, stravoltura di campi, ch' erano coperti di prodotti diversi, furono fenomeni osservati nei grandi terremoti di Riobamba, nella provincia di Quito (4 febbraio 1797), come pure in antecedenza nella Calabria (5 febbraio e 28 marzo 1783). Con questi ultimi fenomeni di stravolgimenti, di spostamenti di campi e terreni coltivati, di cui quasi uno prende il posto dell' altro,

si connette un moto di traslazione od un compenetramento di singoli strati terrestri. Quando io levai la pianta della distrutta città di Riobamba, mi fu mostrato il luogo dove sotto le rovine d'una casa erano stati trovati tutti gli arredi d'un' altra. Bisogna ammettere che il mobile suolo si era mosso come un liquido corrente, dirigendosi prima all' ingiù, poi orizzontalmente ed all' ultimo del basso in alto. Litigandosi sulla proprietà di tali oggetti ch' erano stati trasportati a più centinaia di metri, l' *audiencia* (il tribunale) dovette intervenice e pronunciare sentenza.

Nei paesi, dove i terremoti sono comparativamente più rari (per esempio nell' Europa meridionale) è molto generale, per effetto d' un' imperfetta induzione, la credenza, che la calma dell' aere, un oppressivo calore, un orizzonte carico di vapori sieno sempre forieri del fenomeno (184). L' erronea popolare credenza è confutata dalla mia propria esperienza non solo, ma altresì da quella di tutti gli osservatori che molti anni passarono nelle contrade, ove, come a Cumana, a Quito, al Perù ed al Chilì, il suolo è frequentemente con violenza agitato. Io ho risentito scosse di terra per un aere sereno ed un fresco vento di levante, come durante la pioggia e per un tempo burrascoso. Inoltre la regolarità delle variazioni orarie nella declinazione dell' ago magnetico e l' altezza del barometro (185) fra i tropici rimangono inalterate il giorno d' un terremoto. Laonde s' accordano le osservazioni che Adolfo Ermann fece nella zona temperata in occasione d' un terremoto in Irkutsk presso il lago Baikal (8 marzo 1829). Nella violenta scossa di Cumana (4 novembre 1799) io trovai bensì la declinazione e l' intensità della magnetica forza ugualmente inalterate ma l' inclinazione dell' ago con mio stupore aveva diminuito di 48′ (186). Non mi restava dubbio alcuno di un errore; e tuttavia in molte altre scosse ch' io provai sull' altopiano di Quito ed a Lima, l' inclinazione restò

sempre invariabile al pari degli altri elementi del tellurico magnetismo. Se, in generale, ciò che succede nelle profondità del globo non viene da verun meteorologico fenomeno, da verun particolare aspetto della celeste vôlta presagito, è peraltro, come or ora vedremo, non improbabile che in certe violente scosse l'atmosfera sentir ne possa una qualche influenza, e che quelle quindi non agiscano sempre d'un modo meramente dinamico. Durante i lunghi tremori del suolo nelle piemontesi vallate di Pelis e Clusson si notarono grandi variazioni nello stato elettrico dell'atmosfera.

L'intensità dei sordi romori che accompagnano il più delle volte i terremoti, non cresce nella stessa proporzione che la violenza delle scosse. Io mi sono accertato, in seguito al più attento esame, che la grande scossa nel terremoto di Riobamba (4 febbraio 1797), uno dei più spaventevoli fenomeni della storia fisica del nostro globo, non fu accompagnata da romore alcuno. Il formidabile fragore (*el gran ruido*), che fu udito sotto il suolo della città di Quito e Ibarra, ma non a Tacunga e Hambato benchè più vicine al centro di scuotimento, si produsse pel fatto 18-20 minuti *dopo* la catastrofe. Nel famoso terremoto di Lima e Callao (28 ottobre 1746) s' intese a Truxillo il fragore come d'un sotterraneo colpo di tuono, senza tremore di suolo. Del pari, lungo tempo dopo il grande terremoto della Nuova Granata (16 novembre 1827 descritto da Boussingault, si udirono in tutta la vallata di Cauca sotterranee denotazioni di 30 in 30 secondi regolarmente, senza nessuno scuotimento. Anche la qualità del fragore varia di molto: ruggisce, romoreggia, risona come uno strepito di catene insieme percosse; talvolta anzi, come fu a Quito, scoppietta a balzi a guisa d'un tuono vicino; o pure rimbomba acutamente, come se masse d'ossidiana o di rocce vetrificate s'infrangessero in sotterranee caverne. Poichè i corpi solidi sono eccellenti conduttori del suono, e che

esso, per esempio nell' argilla cotta, si propaga 10 o 12 volte più rapidamente che nell' aria, si possono i sotterranei romori udire ad una grande distanza dal luogo dove sono prodotti. A Caraccas, nelle pianure di Calabozo e sulle sponde del Rio-Apure, che sbocca nell' Orenoco, per un tratto di paese di 1300 miriametri quadrati, si udì da per tutto, il 30 aprile 1812, senza scossa, una spaventevole detonazione, nel momento in cui alla distanza di 120 miriametri, a settentrion-levante, un copioso torrente di lava sgorgava dal vulcano San Vincenzo alle piccole Antille. Egli è, per riguardo alla distanza, come se un' eruzione del Vesuvio si udisse nel settentrione della Francia. Nell' anno 1744, al tempo della grande eruzione del vulcano Cotopaxi, si udì a Honda sulle sponde del Maddalena un sotterraneo tuono come di cannone. Il cratere del Cotopaxi non solo è più alto 5500 metri di Honda; i due punti sono altresì separati dalle colossali masse delle montagne di Quito, Pasto e Popayan, come pure da vallate e burroni, senza numero, per un 81 miriametri d' intervallo. Il suono certamente non fu trasmesso dall'aria, ma si propagò nella terra ad una grande profondità. Nel violento terremoto della Nuova Granata (febbraio 1835) fu sentito il sotterraneo tuono contemporaneamente a Popayan, Bogota, Santa Marta e Caraccas (qui 7 ore continue senza scosse) in Haiti, alla Giammaica e sulle sponde del lago di Nicaragua.

Questi fenomeni del suono, sebbene non accompagnati da veruna sensibile scossa, lasciano sempre una particolare profonda impressione anche su quelli i quali hanno già abitato lungo tempo un suolo soggetto a frequenti scuotimenti. Si attende con ansietà ciò che sarà per tener dietro a que' sotterranei fragori. Il fenomeno più singolare con non paragonabile esempio di non interrotti sotterranei mughiamenti, senza pur traccia di scossa, è quello che sull' altopiano del Messico si conosce sotto il nome di *bramidos y truenos*

subterraneos, muggiti e tuoni sotterranei di Guaxanato, famosa e ricca città lontana da tutti i vulcani attivi (187). Cotesti romori durarono da mezzanotte del 9 gennaio 1784 fin oltre un mese. Io ho potuto dar fuori una particolareggiata descrizione d'un tale fenomeno, dietro la deposizione di molti testimonii e i documenti della potestà municipale di cui mi fu dato di valermi. Era (dal 13 al 16 gennaio) come una procella sotto i piedi degli abitanti; il tuono romoreggiava lentamente alternando con brevi colpi di fulmine. Il fragore cessò, come aveva cominciato, vale a dire a poco a poco. Trovavasi circoscritto ad un piccolo spazio; a poche leghe di là, sopra un terreno basaltico, non udivasi più quasi tutti gli abitanti colti da terrore lasciarono la città, nella quale grandi quantità d'argento in verghe si trovavano ammassate; i più coraggiosi, assuefatti ai sotterranei tuoni, tornarono indietro e lottarono con una banda di ladroni che si era impadronita del tesoro. Nè alla superficie della terra, ne tampoco nelle miniere alla profondità di 500 metri si notò per avventura la più leggiera scossa. Nell'intero altopiano del Messico non aveasi udito mai prima un simile fragore, nè mai un così spaventevole avvenimento si è più rinnovato. S'aprono così e si chiudono caverne nelle viscere della terra; le onde sonore arrivano fino a noi, o ne viene intercettata la loro propagazione.

L'azione d'una montagna eruttante fuoco, per quanto formidabile sia l'imagine che presenta allo spettatore, è sempre ad uno spazio assai ristretto circoscritta. Ben altra cosa sono i terremoti, i quali, appena visibili all'occhio, propagano talvolta le loro onde di commozione alla distanza di migliaia di leghe ad un tempo. Il grande terremoto, che distrusse Lisbona il 1.° novembre 1755 ed i cui effetti furono dall'illustre naturalista Emmanuele Kant così squisitamente scrutati venne sentito nelle Alpi, sulle coste della Svezia, alle Antille (Antigua, Barbados e Martinica), al Canadà, come pu-

re in Turingia, e nelle settentrionali pianure d' Allemagna fin nelle paludi presso le spiagge del Baltico. Lontane sorgenti furono deviate dal loro corso, fenomeno di terremoto già avvertito nell' antichità da Demetrio di Callazia. Le sorgenti termali di Töplitz inaridirono, e poscia tornarono a zampillare colorate da ocre ferruginose. A Cadice il mare si alzò a 20 metri, là dove alle minori Antille, in cui la marea solitamente non è più alta di 70 in 75 centimetri, i flutti repentinamente neri come inchiostro crebbero all' altezza di 7 metri. Si è calcolato che in tale giornata il 1.° novembre 1755 summentovato, tremò contemporaneamente uno spazio di Terra quattro volte maggiore della superficie dell' Europa. Nessuna altra manifestazione di forza si conosce (compresa l' invenzione più micidale alla nostra propria razza) per la quale, nel breve spazio di tempo di alcuni secondi o minuti, perisca un maggior numero d' uomini in una volta (sessantamila in Sicilia, 1693; trenta o quarantamila nel terremoto di Riobamba, 1797; forse cinque volte tanti nell' Asia minore ed in Siria, sotto Tiberio e sotto Giustino il vecchio verso gli anni 19 e 526).

Hannosi esempi nella catena delle Ande dell' America meridionale, che la terra tremi più giorni senza interruzione; circa i terremoti però che si fanno sentire quasi ogni ora per interi mesi, non ne conosco esempio che in luoghi lontani da ogni vulcano, vale a dire all' orientale dorso del Moncenisio, a Fenestrelle e Pinerolo dall'aprile 1807; agli Stati Uniti dell' America settentrionale, tra Nuova Madrid e Little Prairie (188) (a settentrione di Cincinnati) in dicembre 1811 come in tutto l' inverno 1812; nel pascialaggio d'Aleppo nei mesi di agosto e settembre 1822. Essendo che la volgare credenza non si eleva a generali vedute, e quindi attribuisce sempre i grandi fenomeni a cause locali sia in terra sia nell' aere, così dovunque gli scuotimenti si prolungano, sorge il timore dell' irrompimento di

un nuovo vulcano. In alcuni rari casi questo timore si mostrò appieno fondato; tale si fu l'improvvisa emersione di vulcaniche isole, tale il sollevamento del vulcano di Jorullo (una nuova montagna di 510 metri d'altezza sopra l'antica vicina pianura) avvenuto il 29 di settembre 1759, dopo 90 giorni di scuotimenti e di sotterranei tuoni.

Se si potesse avere contezza dello stato quotidiano di tutta insieme la terrestre superficie, acquisterebbesi molto probabilmente la convinzione, che di continuo in qualche punto questa superficie è in tremore, che essa è incessantemente soggetta alla reazione dell' interno contro l' esterno. Questa frequenza e la generale espansione di un fenomeno, il quale probabilmente è dall'alta temperatura dei più profondi strati in fusione generato, chiariscono la sua indipendenza dalla natura del suolo ove si manifesta. Anche nei molli terreni d'alluvione d' Olanda, verso Middelburgo e Blessinga, sonosi (23 febbraio 1828) sentiti terremoti. Il granito ed il micaschisto come il calcare e la pietra arenaria, come il trachite e l'amigdaloide, ricevono scosse. Non è la chimica costituzione della parte integrante, ma la meccanica struttura delle rocce quella che influisce sulla propagazione della scossa (le onde di commozione). Quando queste onde fiancheggiano una costa, o procedono regolarmente al piede e nella direzione d'una catena di montagne, si osserva talvolta, e questo da secoli, un'interruzione a certi punti. L'ondulazione progredisce nell' interno, ma non si sente in que' punti della superficie. I Peruviani dicono di questi strati superiori che non vanno soggetti a scuotimenti, « ch' essi formano un ponte » (189). Siccome le catene di montagne appariscono essere state sollevate sopra spaccature, è possibile che le pareti di queste cavità favoriscano la propagazione delle ondulazioni che si muovono parallele alla loro direzione; talvolta però anche le onde di commozione tagliano quasi più perpendicolarmente più catene.

Così le vediamo traversare ad un tempo la cordigliera del litorale di Venezuela e la Sierra-Parime. In Asia, i terremoti si sono propagati da Lahore e dal piede dell'Imalaia (22 gennaio 1832) a traverso la catena dell'Indù-Kho, fino a Badakschan, fino all'Osso superiore, ed anche fino a Boccara (190). Avviene altresì che i circoli di commozione si dilatino in conseguenza d'un solo terremoto più violento. Dopo la distruzione di Cumana (14 dicembre 1797) la penisola di Maniquarez, situata dirimpetto alle colline calcari del continente, prova, ne' suoi strati di micaschisto, tutte le scosse della costa meridionale. Le scosse che agitarono quasi senza interruzione, dal 1811 al 1813, il suolo delle vallate del Mississipì, dell'Arkansaw e dell'Ohio, progredivano dal mezzodì verso il settentrione d'una maniera assai notabile. Egli è come se fossero stati successivamente superati ostacoli sotterranei; e, dischiusa una volta la via, il movimento ondulatorio vi si propaga ogni qual volta si produce.

Se i terremoti a prima giunta sembrano produrre effetti meramente dinamici, si riconosce però ancora, in seguito alle più autentiche verificazioni, che non solo interi paesi hanno possanza di sollevare sopra l'antico loro livello (per esempio Ulla-Bund dopo il terremoto di Cutsch in giugno 1819, ad oriente del delta dell'Indo, o lungo le coste del Chilì in novembre 1822); ma fanno altresì nascere durante le scosse eruzioni d'acqua calda (a Catania, 1818), di vapori acquosi (nella vallata del Mississipì presso Nuova Madrid, 1812), di moffette (gas irrespirabile, sì nocivo alle greggie pascolanti sulle Ande), di fango, di fumi neri ed anche di fiamme) presso Messina, 1783, ed a Cumana, 14 novembre 1797). Durante il grande terremoto di Lisbona, il 1.° novembre 1755, si videro fiamme ed una colonna di fumo uscire, presso la città, da una spaccatura novellamente formatasi nella rupe d'Alvidras. Il fumo diventava più denso quanto più intense si face-

vano le sotterranee detonazioni (191). Nella catastrofe di Riobamba, l'anno 1797, in cui lo scuotimento non fu accompagnato da nessuna eruzione dei prossimi vulcani, emerse dalla terra una grande quantità di piccioli coni formati d'una particolare materia detta *moya*, mistione di carbone, di cristalli d'augite e di corsaletti siliciosi d'infusorii. L'eruzione di gas acido carbonico, che uscì dalle crepolature durante il terremoto di Nuova Granata (16 novembre 1827) nella vallata del Maddalena, cagionò la soffocazione di molti serpenti, sorci ed altri animali che vivono nelle caverne. Avvenne altresì che improvvisi cambiamenti di stagione, improvvisa invasione del tempo delle pioggie ad un'epoca insolita sotto i tropici, furono le conseguenze talvolta di violente scosse al Perù e nella provincia di Quito. Furono i gas, che uscirono dalle viscere della terra e si mescolarono all'atmosfera, la causa di tali fenomeni, o furono questi l'effetto della perturbata elettricità degli aerei strati dipendentemente dagli scuotimenti? Nelle regioni intertropicali d'America, ove talvolta in dieci mesi non cade goccia di pioggia, gl'indigeni riguardano i terremoti, che si ripetono spesso senza recare alcun danno alle loro umili capanne di giunchi, come felici precursori di abbondanti pioggie fecondatrici.

L'intimo legame di tutti i qui descritti fenomeni è ancora avvolto nell'oscurità. Agli elastici vapori, non v'ha dubbio, sono da attribuirsi tanto le scosse leggiere affatto innocue che durano più giorni (come nel 1816 a Scaccia in Sicilia prima della vulcanica eruzione della nuova isola Giulia), quanto quelle che cagionano con fragore violente e formidabili esplosioni. Il focolare, la sede di queste rie forze commotrici giace sotto la scorza terrestre; del quanto profondo ciò sia, così poco sappiamo, come della chimica natura di que' sì altamente compressi vapori. All'orlo de' due crateri del Vesuvio, e sulla roccia che a guisa di torre soprastà

all' enorme voragine di Pichincha presso Quito, io ebbi a risentire periodiche e molto regolari scosse ogni 20 o 30 secondi prima che sgorgassero vapori e scorie incandescenti. Lo scuotimento era tanto più gagliardo quanto più tarde erano le esplosioni, perchè i vapori stavano più tempo ad accumularsi. In questa semplice esperienza, confermata da molti viaggiatori, sta la spiegazione generale del fenomeno. I vulcani attivi sono da considerarsi come valvole di sicurezza per le contrade vicine. Il pericolo dei terremoti aumenta, se l' apertura del vulcano si ostruisce, se non ha libera comunicazione coll' atmosfera. La distruzione però di Lisbona, Caraccas, Lima, Cascemir (1554) (192), e di molte città in Calabria, in Siria e nell' Asia minore, ci assenna come in generale la forza dei terremoti non sia più violenta in vicinanza di vulcani in attività.

Se l' infrenata attività dei vulcani agisce sul suolo con gli scuotimenti, questi reagiscono dal canto loro sui vulcanici fenomeni stessi. Lo schiudimento di varchi favorisce la formazione dei crateri d' eruzione ed i processi chimici che in essi hanno luogo al libero contatto coll' atmosfera. Una colonna di fumo che per un mese si vide nell' America meridionale uscir fuori del vulcano di Pasto, disparve improvvisamente, allorchè 36 miriametri più lunghi verso il mezzodì (il 5 febbraio 1797) la provincia di Quito fu percossa dal grande terremoto di Riobamba. Dopo che in tutta la Siria, nelle Cicladi ed in Eubea il suolo ebbe lunga pezza tremato, cessarono gli scuotimenti ad un tratto, mentre sulle pianure di Calcide si travasava un torrente di lava infocata (193). L' ingegnoso geografo d' Amasea, conservandoci questa notizia, aggiunge: « Dopo che le bocche dell' Etna sono aperte e vomitano fuoco, dopo che masse di roventi materie e d' acqua possono essere balestrate fuori, il litorale non va più così spesso soggetto ai terremoti come al tempo in cui, prima

della disgiunzione della Sicilia dall' Italia inferiore, tutte le aperture nella superficie erano ostrutte. ».

Nei terremoti si manifesta così una vulcanica mediatrice potenza; ma questa potenza, universalmente sparsa come l' interno calore del pianeta, ed annunziantesi da per tutto, s' innalza di rado in qualche punto isolato fino a produrre fenomeni d' eruzione. L' intasamento delle fenditure, per mezzo delle liquefatte masse cristalline sorgenti dall' interno (basalto, melafiro e grunstein), va otturando a poco a poco la libera comunicazione dei vapori. Mediante la tensione allora essi reagiscono in tre maniere: scuotendo il suolo, sollevandolo bruscamente, o, come per la prima volta si è osservato in una gran parte della Svezia, trasmutando senza interruzione, ma in modo non apparente che dopo lungo periodo d' anni, la relazione del livello tra il continente ed il mare.

Prima di lasciare questo grande fenomeno, che qui non tanto nelle sue particolarità, quanto nelle sue generali fisiche e geognostiche correlazioni abbiamo considerato, c' è d' uopo ancora toccare l' origine della inesprimibile e tutto particolare impressione che un primo terremoto su noi produce, quand'anche non sia accompagnato da verun sotterraneo fragore. Una tale impressione, io credo, non è conseguenza delle imagini terribili di distruzione che s' affollano alla fantasia memore di quanto narrano le storie. Quello che tanto ci colpisce, è il disinganno dell' innata credenza nella quiete e stabilità del suolo, nella solidità della superficie terrestre. Fin dalla prima infanzia noi siamo avvezzi al contrasto fra il mobile elemento dell' acqua e l' immobilità della terra su cui stiamo. Ogni testimonianza del nostro senso ha fortificato questa credenza. Ora, quando improvvisamente il suolo trema, ecco appresentarsi una misteriosa, una strana potenza della natura che trasgredisce le sue stesse leggi, che rende

mobile ciò ch'è fermo. Un solo momento annichila l'illusione dell'intera vita trascorsa. La calma della natura non è che una menzogna; noi ci sentiamo trasportati in un vortice d'incognite forze distruttrici. Ogni suono, il più lieve moto d'aria eccita la nostra attenzione; si diffida del suolo su cui si cammina. L'insolito fenomeno produce la stessa angosciosa irrequietezza negli animali. Porci e cani ne sono particolarmente sopraffatti. I cocodrilli dell'Orenoco, altre volte sì muti come le nostre piccole lucerte, abbandonano il commosso letto del fiume e corrono ruggendo verso la foresta.

All'uomo il terremoto si presenta come alcun che d'inevitabile, d'indefinito. Si può allontanarsi dall'eruzione d'un traboccante cratere, da un torrente di lava che si distende fino alla nostra dimora; ma quando la terra trema, si crede, anche fuggendo, di camminare dovunque sopra un focolare di distruzione. Un tale stato dell'animo, incompatibile con l'intima nostra natura, non è però di lunga durata. Que' che abitano un paese dove leggiere sono le scosse ed a brevi intervalli l'una dall'altra, provano appena un senso di timore. Sulle coste del Perù, dove il cielo è sempre seren, non si conosce nè grandine, nè tuoni, nè fulmini. Quivi il tuono sotterraneo, che accompagna i tremori del suolo, tien luogo del tuono delle nubi. Una lunga abitudine, e l'opinione molto invalsa essere soltanto due o tre le disastrose scosse a temersi in un secolo, fanno sì che a Lima le deboli oscillazioni del suolo eccitino appena tanta attenzione quanta la caduta della gragnuola nelle zone temperate.

Dopo che abbiamo considerato l'attività, ugualmente che l'interna vita della terra nella sua virtù calorifera, nella sua elettro-magnetica tensione, nella sua emissione di luce ai poli, ne' suoi irregolari fenomeni di movimento alla superficie; ci faremo a parlare delle produzioni materiali (chimiche modificazioni nella scorza terrestre e nella composizione della

atmosfera), che sono parimente la conseguenza della sua planetaria vitalità. Noi vediamo scaturire dal suolo vapori acquosi effluvii di gas acido carbonico, quasi sempre senza miscuglio d'azoto (194); gas idrogeno solforato, vapori solforosi, più di rado vapori d'acido solforoso o d'acido idroclorico (195); finalmente gas idrogeno carbonato (che nella provincia chinese di See-sciuan (96 viene da migliaia d' anni adoperato, come di recente negli Stati Uniti d' America a Fredonia, piccola città dello stato di Nuova York, negli usi della cucina e per illuminare). Le fenditure donde emanano queste esalazioni non sono soltanto in prossimità di tutt' ora ardenti o da lungo spenti vulcani; osservansi pure senza eccezione in contrade nelle quali mancano il trachite e le altre vulcaniche rocce. Nella cordigliera di Quindiu ho veduto caldi vapori solforosi, all' altezza di 2080, metri sopra il livello del mare, deporre solfo nel micaschisto (197), mentre al mezzodì di Quito presso Ticsan, nel Cerro-Cuello, la stessa roccia, reputata diansi primitiva, mostra un enorme letto di solfo in mezzo al quarzo puro.

Di tutte queste esalazioni gaseiformi, quelle d' acido carbonico (così dette moffette) sono ancora oggidì le più numerose ed abbondanti. Come ci vien veduto nelle tedesche contrade, vale a dire nella vallata sì piena di burroni dell' Eifel, nei dintorni del lago Lacher, nel bacino di Wehr e nella Boemia occidentale, le emissioni d' acido carbonico appariscono siccome un ultimo conato della vulcanica attività. Ne'periodi di tempo anteriori, in cui pel calore più elevato del globo e per la copia di non ancora colmate fenditure, le emanazioni in discorso più potentemente operarono, in cui grandi quantità di gas acido carbonico e di caldi vapori d' acqua si commescevano all' atmosfera; il giovine mondo vegetale, come Adolfo Brongniart (198) ebbe acutamente a dimostrare, quasi da per tutto e indipendentemente dalle geogra-

fiche latitudini potè al più pieno e rigoglioso suo organico sviluppamento pervenire. Nelle sempre calde, sempre umide regioni d' un' atmosfera pregna ad esuberanza di gas acido carbonico dovettero trovarsi i vegetabili in tale grado di vitale eccitamento e sovrabbondanza di alimentari sostanze, che poterono fornire il materiale agli strati di carbone di terra e di ligniti i quali con le pressochè inesauribili loro masse sono fondamento alla fisica forza ed alla prosperità delle nazioni. Tali masse sono scompartite in bacini e particolarmente proprie a certi punti dell' Europa; ond' è che trovansi accumulate nelle Isole Britanniche, nel Belgio, in Francia, nelle provincie Renane inferiori e nella Slesia superiore. Allora pure, a que' tempi primitivi d' una universalmente sparsa vulcanica attività, emerse dal seno della terra l' enorme quantità di acido carbonico, di cui la combinazione con la calce ha prodotto le rocce calcari e di cui il carbonio solo contribuisce, per un ottavo circa, a formare quelli strati ingenti (199). Ciò che dalle terre alcaline non fu assorbito si rimescolò all' atmosfera, e andò consumandosi dalla vegetazione dell' antico mondo: depurata così per lo sviluppamento della vita vegetale, l' aria non ne contiene più che una piccola porzione, la quale riesce innocua alle organizzazioni animali del mondo attuale. Parimente copiose emissioni d' acido solforico in vapori cagionarono la distruzione di numerose specie di molluschi e di pesci che abitavano le acque dell' antico mondo, come la formazione di filomi di gesso d' ogni maniera contorti e probabilmente allora da frequenti scosse travagliati.

Sotto affatto simili fisiche condizioni sgorgano dalla terra quantità di gas, di liquidi, di fanghi, e di lave liquefatte; queste escono dai crateri d' eruzione che possono riguardarsi come una specie di sorgenti intermittenti (200). Tutte queste materie ripetono la loro temperatura e la loro chimica co-

stituzione dal luogo donde scaturiscono. Il calore medio delle sorgenti è inferiore a quello dell'atmosfera, quando le loro acque discendono dalle alture; il loro calore aumenta con la profondità degli strati ch'esse traversano. La legge numerica di questo accrescimento fu già per noi più sopra dichiarita La mescolanza delle acque che provengono dall' altezza delle montagne o dalle viscere della terra, rende la posizione delle linee *isogeoterme* (linee d'uguale temperatura dell'interno calore della Terra) (201) difficile a determinare, quando, cioè, vuolsi dedurre questa determinazione dalle acque che defluiscono dalle sorgenti. Così a me ed a' miei compagni rivelarono speciali osservazioni nell' Asia settentrionale. La temperatura delle sorgenti, che da un mezzo secolo divennero soggetto di tante laboriose fisiche ricerche, dipende, come l'altezza delle nevi eterne, da molte ed in uno assai complesse cagioni. Essa è funzione della temperatura degli strati in cui quelle scaturiscono, del calore specifico del suolo, della quantità e della temperatura delle acque meteoriche o pluviali (202), il quale ultimo elemento differisce essenzialmente dalla temperatura degli strati inferiori dell' atmosfera (203).

Le così nominate sorgenti fredde possono indicare la temperatura media allora soltanto, quando, non commiste a quelle saglienti da grande profondità o discendenti da considerabili altezze, abbiano percorso un lungo tragitto sotterraneo ad una profondità di 13 a 19 metri nelle nostre latitudini, e di 1 metro soltanto, secondo Boussingault, nella zona equinoziale (204). Le qui indicate profondità sono infatti quelle degli strati, in cui, nella zona temperata e nella calda, la temperatura comincia ad essere costante, in cui le variazioni orarie, diurne od anche mensuali dell' atmosfera non segnano più traccia alcuna.

Le sorgenti calde scaturiscono da ogni maniera di rocce e di terreni; chè anzi le sorgenti permanenti più calde furono

osservate, ed io medesimo le trovai lontane di qualunque vulcano. Ne riferisco qui due esempi tratti da miei diarii di viaggio: le *Aguas calientes de las Trincheras* nell' America meridionale, tra Porto Cabello e Nuova Valencia, e le *Aguas de Comangillas*, a Guanaxuato nello stato messicano ; le prime sgorgano dal granito, ed avevano 90°, 3, le seconde dal basalto, 96° 4. La profondità dei focolari donde salgono le acque di questa temperatura è, secondo ciò che per la legge dell' accrescimento pel calore nell' interno della terra sappiamo, probabilmente a 2200 metri. Se l' origine delle sorgenti termali, come dei vulcani attivi, è lo universalmente sparso calore della terra, le rocce non possono influire sovr' esse se non in virtù della propria calorifera efficacia e capacità. Le più calde di tutte le sorgenti permanenti (fra 95° e 97°) sono curiosamente le più pure, quelle che contengono meno materie minerali in dissoluzione. La loro temperatura sembra essere in generale meno costante di quella delle sorgenti comprese tra 50° e 74°, la cui invariabilità per conto del calore e del chimico contenuto si è mirabilmente conservata, almeno in Europa, da cinquanta a sessant' anni, in cui potè essere sottoposta ad esatte termometriche misure e chimiche analisi. Boussingault ha trovato che le terme di Las Trincheras dopo il mio viaggio in 23 anni (dal 1800 al 1823) sono salite da 90°3, a 97° (205). Questa sorgente, la quale scorre tranquillissima, è così di presente quasi 7° più calda dei getti intermittenti del Geyser e dello Strokr, la cui temperatura fu recentemente con somma diligenza determinata da Krug di Ridda. Una delle più singolari maniere di formazione d' una calda sorgente, mediante caduta di fredde meteoriche acque nell' interno della terra e mediante contatto con un vulcanico focolare, presentò, nello scorso secolo, un vulcano sconosciuto prima del mio viaggio in America, quello di Jorullo nel Messico. Allorchè in settembre 1759 improvvisamente s' innalzò come

una montagna di 513 metri al disopra delle circostanti pianure, scomparvero i due fiumicelli *Rios de Cuitimba y de San Pedro*, e riapparvero poco tempo dopo sotto forma di sorgenti termali in seguito a formidabili scuotimenti di terra. Io trovai nell' anno 1803 la loro temperatura a 65°,8.

Le sorgenti nella Grecia scorrono indubbiamente ancora negli stessi luoghi come negli ellenici tempi. La sorgente d'Erasinos, due ore di cammino a mezzodì d' Argo sul dorso del Caone, fu già mentovata da Erodoto. A Delfo si vede ancora la Cassotis (ora fontana di S. Nicolò), che zampilla a mezzodì di Lesche e che traversa il tempio d' Apollo; la Castalia altresì appiè del Parnasso e la Pirene presso l'Acrocorinto, come la terme di Edepso nell' Eubea, nelle quali Silla si bagnava durante la guerra di Mitridate (206). Riferisco di buon grado queste particolarità, poichè vivamente ne ricordano come in un paese soggetto a così frequenti e gagliardi terremoti, gli strati interni abbiano potuto conservare, almeno dopo due mila anni, la loro conformazione antica e fin anco le piccole diramazioni e fenditure donde sgorgano le acque. Anche la *Fontana zampillante* di Lillers, dipartimento del Passo di Calais, trovasi già forata sino dall' anno 1126, e d'allora in poi scorre senza interruzione alla medesima altezza e con la stessa abbondanza; infine il valente geografo delle coste della Caramania, il capitano Beaufort, ha veduto splendere le stesse fiamme vulcaniche, nel sito dell' antico Faselis fiamme cui Plinio ha descritto per quelle vomitate dalla Chimera di Licia (207).

L'osservazione fatta da Arago nel 1821 (208), che i più profondi pozzi artesiani sono quelli che danno le acque più calde, ha primamente sparso una gran luce sull' origine delle sorgenti termali e sulla scoperta della legge concernente l' accrescimento del calore della terra con la profondità. Si è riconosciuto in questi ultimi tempi che san Patrizio (209), vescovo

di Pertusa, si era già formato un'idea assai giusta di tali fenomeni, sulla fine del terzo secolo, esaminando le sorgenti d'acqua calda presso Cartagine. Interrogato sull'origine di quelle acque bollenti che scaturiscono dal seno della terra, egli rispose: « Nelle nubi non solo, ma anche nelle viscere della terra ha il fuoco alimento, siccome ve lo chiariscono l'Etna ed un'altra montagna nei dintorni di Napoli. Le acque sotterranee salgono in alto come per mezzo di sifoni. L'origine delle acque calde è questa: le acque che sono lontane dal sotterraneo fuoco si mostrano fredde; quelle che scaturiscono in prossimità del fuoco traggono seco, poi ch'esso le riscalda, un'insopportabile calore alla superficie che noi abitiamo. »

Poichè gli scuotimenti di terra sono spesso accompagnati da emissioni d'acqua e di vapori, si possono considerare le *salse*, o piccoli vulcani di fango, come una transizione dagli incostanti fenomeni, che presentano i getti di vapore e le acque termali, alla potente e terribile attività dei monti che vomitano lava. Se i vulcani infatti, queste sorgenti di materie fuse, danno nascimento alle rocce vulcaniche, dal canto loro le sorgenti termali, le cui acque sono pregne di acido carbonico e di gas solforosi, producono per via di deposizione, di un modo lento ma contitnuo, strati di travertino orizzontalmente sovrapposti gli uni agli altri, o pure formano conici monticelli, come nell'Africa settentrionale (Algeria) e nei Baños di Caxamarca sul dorso occidentale delle Cordigliere peruviane. Nel travertino della terra di Van Diemen (presso Hobart-Town), secondo Carlo Darwin, si contengono reliquie di un'antica vegetazione. Noi additiamo qui lava e travertino (due rocce che continuano a formarsi sotto gli occhi nostri) come i due contrarii estremi delle geognostiche relazioni.

Le *salse* o vulcani di fango meritano più attenzione che i geologi non hanno loro fino adesso accordato. Si è disconosciuta la grandezza di questo fenomeno, perchè di due fasi

ch' esso presenta, non si pensò che a descrivere l'ultima, quella del periodo di calma in cui le salse persistono pel corso di secoli. L'apparizione delle salse è contrassegnata da terremoti, da tuoni sotterranei, dal sollevamento d'interi paesi e da getti di fiamme altissimi, ma di breve durata. Allorchè nella penisola di Abscheron, all'oriente di Bakù, nel mare Caspio, la salsa di Jokmali cominciò a formarsi (27 novembre 1827), le fiamme divamparono tre lunghe ore slanciandosi ad una straordinaria altezza; nelle venti ore seguenti s'innalzarono appena ad un metro al disopra del cratere donde sgorgava il fango. Presso il villagio di Baklichli, a ponente di Bakù, la colonna di fuoco montò sì alto, che potevasi vederla alla distanza di 4 o 5 miriametri. Enormi macigni, divelti dal profondo, furono scagliati assai lontano. Si trovano pure di consimili massi nei dintorni del vulcano di fango oggidì 'sì quieto di Monte Zibio presso Sassuolo nell' alta Italia. La salsa di Girgenti (Macalubi) in Sicilia, descritta dagli antichi, si mantiene tuttavia dopo quindici secoli nel secondo periodo della sua attività. Essa si compone di molti monticelli conici, schierati l'uno vicino all'altro, alti 2, 3 ed anche 30 metri, variabili così d'altezza, come lo sono di figura. Dal bacino superiore assai piccolo e pieno d'acqua sgorgano torrenti di fango argilloso, accompagnati da periodici sviluppamenti di gas. Cotesto fango suol esser freddo; talvolta (nell'isola di Java, a Damak, provincia di Samarang) d'elevata temperatura. Le eruzioni gaseiformi, non disgiunte da fragore, sono variabili: vi si è trovato idrogeno commisto a vapori di nafta, gas acido carbonico e, come Parrot ed io abbiamo verificato (nella penisola di Taman e nei Volcancitos di Turbaco nell'America meridionale) azoto quasi puro (210).

I vulcani di fango presentano all' osservatore, dopo la prima violenta eruzione di fuoco, che forse in pari grado non è una sola volta a tutti comune, l'imagine d'un' attività in-

terna del globo terrestre, debole sì ma continua e progrediente. La comunicazione con gli strati profondi in cui regna una elevata temperatura, viene in breve interrota, e le fredde emanazioni delle salse sembrano avvertire, che la sede del fenomeno, pervenuto al secondo stadio, può essere non molto lontana dalla superficie. Di tutt' altra attività si mostra la reazione dell' interno del globo contro la scorza esteriore nei vulcani propriamente detti o montagne ignivome, vale a dire, in quei punti della terra in cui si palesa una permanente, od almeno di tempo in tempo rinnovata corrispondenza con un focolare situato a grande profondità. Bisogna distinguere accurutamente tra gli effetti vulcanici più o meno saglienti, come i terremoti, le sorgenti d' acqua calda e di vapori, i vulcani di fango, l' erezione di montagne di trachite in forma di cupola o di campana, ma senza escavazione, la formazione d' un' apertura su quelle montagne, o quella d' un cratere di sollevamento nei terreni basaltici, l' apparizione finale d' un vulcano permanente nel cratere stesso di sollevazione o tra gli avanzi della sua formazione primitiva. Ad epoche differenti, secondo i gradi diversi d' attività e di potenza, i vulcani permanenti emettono vapori acquosi o acidi, scorie incandescenti o, quando la resistenza può esser vinta strette correnti di lava liquefatta in forma di lunghi ruscelli di fuoco.

Qual conseguenza di una grande, ma locale manifestazione di forza dell' interno del nostro pianeta, hanno talvolta gli elastici vapori sollevato isolate porzioni della crosta terrestre in forma di cupole, contenenti masse non aperte di trachite feldspatico e dolerite (Puy de Dôme e Cimborazo); o pure gli strati sollevati vennero rotti o dopo inclinati di tal maniera esternamente, da produrre nell' interna parte opposta un ripido ciglione, divenuto allora il recinto d' un cratere di sollevamento. Se questa formazione, ciò che in veruna guisa non è il caso generale, emerge dal fondo del mare, essa pre-

senta l' assoluto aspetto d' un' isola vulcanica. Tal è l' origine del circo di Palma, cui Leopoldo di Buch ha sì dottamente descritto, e di quello di Nisiro nel mar Egeo (211). Alcuna volta la metà dell' annulare ciglione è distrutta, e nei seni che il mare ha scavato famiglie di coralli hanno edificato le loro cellulari dimore. Anche sui continenti i crateri di solevamento sono spesso ripieni d' acqua, ed abbelliscono il paese dandogli un carattere del tutto particolare.

La loro formazione non è vincolata ad una determinata natura di rocce; essi irrompono ugualmente nel basalto, nel trachite, nel porfido leucitico (Somma), o nei miscugli di augite e labrador, analoghi alla dolerite. Da ciò proviene la sì diversa natura ed esteriore configurazione di questa specie d' orli di cratere. « Cotesti recinti non presentano alcuna apparenza d' eruzione; non vi si è aperta comunicazione permanente con un focolare sotterraneo, ed è raro di trovare, sia nell' interno, sia nella prossimità di questi crateri, tracce d' un' attività vulcanica ancora esistente. La potenza che ha prodotto sì considerevoli effetti dev' essere stata lungo tempo accumulata e rinforzata nell' interno, prima d' aver potuto vincere la resistenza che opponeva la pressione della massa superiore, e d' aver potuto sollevare, per esempio, nuove isole sopra il livello del mare, spezzando rocce di tessitura granita e conglomerati (strati di tufo contenente piante marine). I vapori fortemente compressi si sprigionano da tali crateri di sollevamento, ma l' enorme massa così soltevata ripiomba e rinchiude tostamente l' apertura la quale non potè formarsi un istante che mercè di un tale sforzo; non si produce vulcano alcuno (212). »

Un vulcano propriamente detto non esiste che là ove si è aperta una comunicazione permanente dell' interno del globo terrestre, con l' atmosfera. Allora la reazione dell' interno contro la superficie dura per lunghi periodi di tempo. Essa

può, come già fu il caso del Vesuvio (Fisove), (213) interrompersi per secoli, e riprodursi poscia con nuova efficacia. Ai tempi di Nerone inchinavasi già a Roma a porre l' Etna nella classe delle montagne ignivome che si vanno estinguendo a poco a poco (214) ; e più tardi Eliano affermava anzi che i naviganti cominciavano a vedere molto meno dall' alto mare la sommità che andavasi accasciando (215). Dove le vestigia della prima eruzione o, siami lecito dirlo, l'antica impalcatura si è conservata intatta, ivi sorge il vulcano da un cratere di sollevamento, ivi circonda l'isolato cono d' eruzione una specie di circolare muraglia di rocce, una specie di manto costituito di strati fortemente raddrizzati. Qualche volta non è più visibile alcuna traccia di questo recinto a forma di circo, ed il vulcano che non sempre è un cono, si alza pure a guisa d' un dorso prolungato, come il Pichincha, a' piè del quale giace la città di Quito, immediatamente al disopra di un' altopiano.

Nella stessa maniera che la natura delle rocce, vale a dire, la combinazione (aggruppamento) delle specie minerali semplici che si uniscono per formare il granito, la pietra arenaria o gneis, ed il micaschisto, o il trachite, il basalto e la dolerite, è indipendente dai nostri climi attuali e rimane identica sotto tutte le latitudini; del pari vediamo da per tutto nell'inorganica natura svilupparsi le stesse leggi di conformazione, secondo le quali gli strati della terrestre scorza si sovrappongono gli uni agli altri, si compenetrano, si sollevano per effetto delle elastiche forze. Nei vulcani particolarmente si ammira questo identico riprodursi di forme e di struttura. Dovunque al navigatore non più rifulgono le consuete stelle, nelle isole dei lontani mari, sebben circondato da palmizii e da piante a lui straniere, vede egli però qua e là caratteristici siti che gli riverberano al pensiero il Vesuvio, le vette a cupola dell' Alvernia, i crateri di sollevamento

delle Canarie e delle Azzorre, e le fenditure eruttive d'Islanda, così un solo sguardo al satellite del nostro pianeta permette di generaleggiare le qui notate analogie di conformazione. Dalle carte della Luna disegnate con l'aiuto di telescopii medii si scorgono in quel satellite senz' aria nè acqua potenti crateri di sollevamento, i quali circondano coniche eminenze o le sopportano sui loro recinti annulari; incontrastabili effetti della reazione dell' interno contro la superficie della Luna, favorita dall' influenza d' una minore gravità.

Se in molte lingue i vulcani a buon diritto si chiamano montagne ignivome, non per questo esse furono sempre in nessuna guisa formate da un'incessante accumulazione delle correnti di lava; la loro formazione apparisce più tosto in generale l'effetto d'un repentino sollevamento di rammollite masse di trachite o di augite commista al labrador. La misura della sollevante forza si manifesta nell' altezza del vulcano; e questa è sì variabile, che ora ha la dimensione d'una semplice collina (il vulcano di Cosima, una delle Curili giapponesi), ora quella d' un cono di 6000 metri d' elevazione. Mi è sembrato che l' altezza dei vulcani abbia una grande influenza sulla frequenza delle eruzioni, e che questa sia più attiva ne' più bassi di quello che ne' più alti. Io qui ricordo la seguente serie: lo Stromboli (707 metri); nella provincia di Quixos il Guacamayo che tuona quasi ogni giorno (io l' ho sovente udito ad una distanza di 16 miriametri a Chillo presso Quito); il Vesuvio (1181 metri); l'Etna (3313 m.); il Picco di Teneriffa (3711 m.); il Cotopaxi (5812 m.). Se i focolari di questi vulcani sono situati alla stessa profondità, è necessaria una forza maggiore per sollevare le liquefatte masse ad un' altezza 6 ed 8 volte più grande. Mentre l' umile Stromboli (Strongilo) è in travaglio incessante, come dicono, almeno dai tempi omerici, e, qual faro nel mare tirreno, serve di guida ai naviganti, sonovi altri

Vulcani più alti caratterizzati per lunghi intervalli d'inazione. Così vediamo le eruzioni dei maggiori colossi che coronano le cordigliere, distanti quasi un secolo l'una dall'altra. Se si nota qualche eccezione a questa regola, alla quale io ho già da lungo tempo avvertito, è possibile che la corrispondenza tra il vulcanico focolare ed il cratere d'eruzione non debba per tutti i vulcani, che si confrontano, essere ritenuta permanentemente libera in eguale misura. Nei piccoli può il canale di comunicazione essere lunga pezza ostrutto, per modo che rare diventino le eruzioni, senza che per ciò sieno prossimi all'estinzione.

Alle considerazioni intorno la relazione delle altezze assolute con la frequenza dell'accendimento dei vulcani, in quanto che esso esternamente è visibile, dee tener dietro per esatta connessione l'esame del luogo ove la lava stravasa. Per molti vulcani sono le eruzioni fuori del cratere dovunque rare; esse avvengono più tosto, com'ebbe per conto dell'Etna nel decimosesto secolo a notare un giovane che fu poi il celebre scrittore di storie Bembo (216), dalle fenditure laterali, colà dove le pareti della sollevata rupe stante la forma e posizione loro cedono alla più piccola resistenza. Sopra queste fenditure sorgono talvolta coni d'eruzione: i grandi si contrassegnano a torto col nome di nuovi vulcani, e sono l'un dietro l'altro schierati seguendo la direzione di una fenditura che presto si è di nuovo chiusa; i piccoli raccolti in gruppi coprono vasti tratti di terreno, ed hanno forma di campana e d'alveare. A questi ultimi appartengono gli *hornitos de Jorullo* (217), i coni del Vesuvio nell'eruzione d'ottobre 1822, quelli del vulcano di Awatscha, secondo Postels, e quelli del Lavenfelde presso i monti Baidari, nella penisola del Camsciatcà, secondo Erman.

S'innalzano i vulcani non liberi ed isolati in mezzo ad una pianura, ma possono essere, come nella doppia catena delle

Ande di Quito, circondati da un altopiano elevato di tre in quattromila metri; così che questa circostanza può benissimo contribuire a far sì ch'essi nelle formidabili eruzioni d'infocate scorie, con detonazioni che si sentono a più di cento leghe, non producano veruna corrente di lava (218). Tali sono i vulcani di Popayan, dell'altopiano di Los Pastos e delle Ande di Quito, tranne quello di Antisana, forse il solo tra questi ultimi che faccia eccezione.

L'altezza del cono delle ceneri, la grandezza e la forma del cratere sono elementi della configurazione, i quali danno ai vulcani un particolare carattere individuale; ma il cono ed il cratere sono affatto indipendenti dalla dimensione della montagna stessa. Il Vesuvio è tre volte più basso del Picco di Teneriffa, ed il suo cono di ceneri s'innalza fino ad 1/3 dell'intera montagna, mentre quello del Picco ascende soltanto a 1/22 dell'altezza totale. Alla proporzione del Vesuvio si avvicina ancora più il Pichincha, vulcano molto più grande di quello di Teneriffa. Di tutti i vulcani che ho veduto in ambo gli emisferi, il Cotopaxi è quello il cui cono è più regolare e pittoresco. Un repentino scioglimento delle nevi che ne coprono il cono annunzia la prossimità dell'eruzione. Prima ancora che il fumo sia visibile nell'aere rarefatto che circonda la sommità e l'apertura del cratere, le pareti del cono delle ceneri diventano incandescenti, e la montagna presenta allora una massa nera d'un aspetto triste e di cattivo augurio.

Il cratere, il quale, eccettuati assai rari casi, occupa sempre la sommità del vulcano, forma un bacino profondo, sovente accessibile, il cui fondo è soggetto a continui mutamenti. La maggiore o minore profondità del cratere è pure per molti vulcani un indizio della recente o remota eruzione. Si aprono e si chiudono alternativamente nel bacino lunghe fenditure esalanti nugoli di fumo, o pure piccoli gorghi rotondi affo-

cati, ripieni di materie liquefatte. Il fondo cresce e s'abbassa; vi s'innalzano monticoli di scorie e coni d'eruzione, i quali salgono talvolta sopra gli orli del cratere, e danno per interi anni un aspetto particolare al vulcano, ma d'un tratto ad una nuova eruzione s'accasciano e spariscono. Le aperture di questi coni d'eruzione, che sorgono così dal fondo del cratere, non deggiono andar confuse, come sovente è accaduto, col cratere stesso, che le contiene. Se questo è inaccessibile a cagione dell'enorme profondità e della ripidezza dell'interno ciglione, come nel vulcano Rucu-Pichincha (4855 m.), si può almeno dall'orlo spaziare con l'occhio sulla sommità del cono, il quale spartitamente sollevasi dal bacino in mezzo a vapori solforosi. Io non godetti mai d'uno spettacolo di natura più ammirabile e grandioso. Nell'intervallo di due eruzioni non presenta talvolta un cratere verun fenomeno luminoso, ma soltanto vapori d'acqua che sorgono dalle fenditure; o pure si trovano sulla sua area appena calda monticoli di scorie a cui può accostarsi senza pericolo. Il geologo viaggiatore può godere allora dello spettacolo d'una piccola eruzione: infocate masse di scorie gittate fuori da que' vulcanetti ricadono sui fianchi dei monticoli, ed ogni esplosione è regolarmente pronunziata da uno scuotimento di terra affatto locale. La lava stravasa talvolta dai varchi o dai piccoli pozzi formatisi nel cratere stesso, senza romperne le pareti nè traboccare per di sopra agli orli. Se avviene però un tale squarciamento, si evade la novella corrente di lava il più delle volte tranquilla e per la destinata via in guisa che il grande bacino, che cratere si chiama, può rendersi accessibile anche in quel tempo di parziali eruzioni. Senza un'esatta sposizione della forma e normale struttura delle montagne ignivome non si può acquistare una giusta idea di fenomeni, i quali, in causa di fantastiche descrizioni e stante l'ambiguità o più tosto la così vaga significazione delle parole *crateri*, *vulcani*, *coni di*

eruzione, vennero lunga pezza sfigurati. Gli orli del cratere sono molto meno soggetti a variare di quello che si potrebbe congetturare. Le misure di Saussure, confrontate con le mie, hanno a mo' d' esempio offerto pel Vesuvio il notevole risultamento, che in 49 anni (1773-1822) l' orlo del vulcano a settentrion-ponente (*Rocca del Palo*) possa nella sua altezza sopra il livello del mare, entro il limite dell' esattezza delle nostre misure, considerarsi come inalterato (219).

I vulcani, i quali, come quelli della catena delle Ande, si innalzano oltre il limite delle nevi, presentano fenomeni particolari. Le masse di neve producono non solo, col repentino sciogliersi durante l' eruzione, tremende inondazioni, torrenti d' acqua in cui nuotano fumanti scorie insieme a compatti massi di ghiaccio, ma agiscono altresì continuamente, mentre il vulcano è in perfetta calma, con le loro infiltrazioni nelle rocce di trachite. Le caverne che si trovano sui fianchi od al piede dell' ignivoma montagna, vengono a poco a poco trasformate in sotterranei serbatoii d' acqua, i quali per mezzo d' una infinità di stretti spiragli sono messi in comunicazione cogli alpestri ruscelli dell' altopiano di Quito. I pesci di questi ruscelli vanno di preferenza a moltiplicarsi nelle tenebre delle caverne; e quando le scosse, che precedono sempre le eruzioni delle Cordigliere, commovono la massa intera del vulcano, le sotterranee vôlte si disserrano ad un tratto, e l' acqua, i pesci, i fanghi tufacei vengono espulsi ad un tempo. Tal è il singolare fenomeno che rivelò agli abitanti dell' altopiano di Quito il piccolo pesce *Pimelodes Cyclopum*, ch' essi chiamano *Prennadilla* (220). Nella notte dal 19 al 20 di giugno 1698 la sommità del monte Carguairazo, di seimila metri di altezza, essendo crollata, per cui del cratere non rimasero in piedi che due enormi pile, tutti i terreni all' intorno, per un tratto di circa sette leghe quadrate, furono coperti e resi sterili da un tufo liquido e da un fango argilloso (*lodazales*)

pieno di pesci morti. Le febbri perniciose che si manifestarono sei anni dopo nella città d'Ibarra, a settentrione di Quito, furono attribuite alla putrefazione d'un gran numero di pesci morti che il vulcano Imbaburu aveva reietti.

Le acque ed i fanghi che nella catena delle Ande non stravasano dal cratere stesso, ma dalle caverne che esistono nella massa trachitica della montagna, non sono per ciò nello stretto senso della parola da aggiungersi ai fenomeni vulcanici propriamente detti. Essi non sono che in una indiretta dipendenza dall'attività del vulcano, quasi nella stessa categoria del particolare fenomeno meteorologico che io contrassegnai ne' miei primi scritti con la denominazione di *vulcanica tempesta*. Vapori d'acqua caldissimi che si sollevano dal cratere durante l'eruzione e stravasano nell'atmosfera, formano raffreddandosi una nuvola a molte migliaia di metri di altezza intorno alla colonna di ceneri e di fumo. Una sì repentina condensazione e, come ha dimostrato Gay-Lussac, la formazione d'una nuvola d'enorme superficie, aumentano l'elettrica tensione. Fuori dalla colonna di ceneri si sprigionano lampi serpeggiando, e si distingue allora (come alla fine dell'eruzione del Vesuvio negli ultimi giorni dell'ottobre 1822) perfettamente il rimbombo del tuono della vulcanica tempesta di mezzo al fragore dell'interno del vulcano. Secondo il ragguaglio di Olafsen, il fulmine scoppiò un giorno da una nube vulcanica in Islanda (nell'eruzione del vulcano Katlagia 17 ottobre 1755), ed uccise due uomini ed undici cavalli.

Dopo che nel quadro della natura abbiamo rappresentato la struttura e la dinamica attività dei vulcani, ci rimane ancora a dare un'occhiata alla varietà dei loro prodotti materiali. Le sotterranee forze distruggono le antiche combinazioni della materia, per formarne di nuove; la loro azione si esercita sulle sostanze liquefatte dal calore quanto lungamen-

te lo concede il suo stato di fluidità o di disgregazione. Il consolidamento delle morbide o delle fluide materie operandosi sotto una maggiore o minore pressione, questo divario sembra essere la causa principale della differenza di formazione che si stabilisce tra le rocce *plutoniche* e le *vulcaniche*. *Lava* chiamansi quelle materie liquefatte ch' escono in lunghe e strette correnti dall' orifizio vulcanico d' una roccia. Allorchè diverse correnti di lava s' incontrano e vengono da un ostacolo arrestate, si distendono in larghezza e riempiono grandi bacini, nei quali si consolidano formando strati l' uno all' altro sovrapposti. Questo è tutto quello che si può dire di generale sulla produttiva attività dei vulcani.

Frammenti si danno delle rocce che i vulcani traversano, ne' quali sovente è rimasta una specie d' involucro d' origine ignea. Io ho trovato ritagli angolari di masse di sienite feldspatica incastrati nella nera lava d' augite del vulcano messicano di Jorullo. Ma le masse di dolomite e di calcare granuloso che contengono magnifici gruppi di minerali cristallizzati (vesuviane e granati ricoperti di meionite, di nefelina e di sodalite) non sono stati reietti dal Vesuvio: « appartengono più tosto a strati di tufo, formazione assai diffusa e più antica del sollevamento della Somma o del Vesuvio; sono probabilmente prodotti d' un' azione vulcanica submarina, il cui focolare doveva essere situato ad una grande profondità (221). » Fra le produzioni dei vulcani attuali si trovano cinque metalli: ferro, rame, piombo, arsenico ed il selenio scoperto da Stromeyer nel cratere di Vulcano. I vapori delle fumarole contengono sublimazioni di cloruri di ferro, di rame, di piombo e d' ammoniaca. Ferro specolare (222) o sia mica ferrigna, e sal marino (quest' ultimo spesso in gran quantità) appariscono come frammenti di filoni nella lava di recente data o nelle nuove fenditure del cratere.

La mineralogica composizione delle lave è varia secondo

la natura delle rocce cristalline che compongono il vulcano, secondo l' altezza del punto dove nasce l' eruzione (sia appiè della montagna sia più vicino al cratere), secondo lo stato della temperatura dell' interno. Parecchi prodotti vitrei, l'ossidiana, la perlite e la pomice mancano del tutto in certi vulcani, mentre in altri provengono dal cratere stesso o da punti situati internamente a non grandi profondità. La cognizione di sì importanti ma complesse relazioni esige per base molto esatte cristallografiche e chimiche ricerche. Il mio compagno di viaggio in Siberia, Gustavo Rose, e più tardi Ermanno Abich hanno già ottenuto felici risultamenti nelle loro investigazioni sulla struttura delle vulcaniche rocce cotanto svariate.

Le emissioni gasose sono in gran parte formate di vapori d' acqua pura; elleno si condensano e danno origine a sorgenti come quelle, per esempio, di cui si giovano i caprai dell' isola Pantellaria. Ciò che la mattina del 26 ottobre 1822 si vide sgorgare da una fenditura del Vesuvio e fu lunga pezza tenuto per acqua bollente, non era, secondo il diligente esame, di Monticelli, che una cenere secca, una lava ridotta in polvere dall' attrito e scorrente come sottilissima sabbia. Ma l' apparizione di ceneri, le quali cacciate dai vapori s' innalzano come una colonna immensa, oscurano l' aere per ore ed anche per interi giorni, e, nella loro caduta, attaccandosi alle foglie, danneggiano cotanto le viti e gli olivi, contrassegna per consueto la fine d' ogni grand' eruzione. Si è questo il magnifico fenomeno che Plinio il giovane vide al Vesuvio, e nella sua famosa lettera a Cornelio Tacito paragonò alla figura della fronzuta cima d' un pino. I descritti bagliori dell' eruttate scorie, come lo splendore della rossastra nube infocata sopra il cratere penzolante, non sono al certo da considerarsi quali veraci fiamme, nè gas idrogeno ardente, ma sì più tosto riverberi di luce delle incandescenti liquefatte

masse in alto lanciate, e riverberi in parte ancora provenienti dalle profondità illuminanti gli ascendenti vapori. Circa poi le fiamme, che durante le eruzioni di vulcani sulle coste situati, od alcun tempo avanti il sollevarsi d' una vulcanica isoletta si videro all'epoca di Strabone uscire dal profondo mare, non sapremmo quale farne assegnamento.

Se la domanda si promova, che cosa arda ne' vulcani, che cosa generi il calore, le rocce ed i metalli fonda insieme, le correnti di lava produca di tale spessore (223) che per più anni serbano alta la temperatura, egli è già dar previa sentenza sulla questione, collegata supponendo di necessità l' esistenza dei vulcani ad indispensabili materie alimentatrici, in quella guisa che agl' incendii sotterranei sono alimento i filoni di carbone. Secondo le diverse fasi delle chimiche teorie, ora al bitume, ora alle piriti o ad un miscuglio umido di solfo e di ferro ridotti a fina polvere, ora a' pirofori naturali, ora ai metalli degli alcali e delle terre venne attribuita la causa della intensità dei vulcani. Il grande chimico a cui dobbiamo la cognizione dei metalli alcalini, sir Humphry Davy, nell' ultima sua opera intitolata *Consolation in travel and last days of a Philosopher*, opera la quale inspira un sentimento di tristezza, ha egli medesimo rinunziato alla chimica sua ipotesi audace. La densità media della terra (5,44) comparata al peso specifico molto più debole del potassio (0,865), del sodio (0,972) e dei metalli terrosi (1,2), la mancanza d' idrogeno nelle emanazioni gaseiformi delle vulcaniche fenditure o delle lave non raffreddate, e molte altre fisiche considerazioni (224) stanno in aperta contraddizione con le primitive congetture di Davy e d' Ampère. Sprigionandosi il gas idrogeno dall' eruzione della lava, quale massa enorme non abbisognerebbe di esso, quando la lava che stravasa da un piccolo cratere, come nella memorabile eruzione, descritta da Mackenzie e Soemund Magnussen, ed avvenuta appiè dello

Skaptar-Jockul in Islanda dall' 11 giugno al 3 agosto 1783, copre intere contrade ed acquista uno spessore di parecchie centinaia di piedi là dove è da un' ostacolo arrestata! Parimente la difficoltà non iscema per esalazioni di scarsa quantità di gas azoto, quando si ammette un penetramento dell' aria atmosferica nel cratere, o, come direbbesi per figura, un' aspirazione del corpo terrestre. Un' attività sì potente e sì generalmente diffusa nelle viscere della terra com' è quella dei vulcani, non puote avere la sua sorgente nelle chimiche reazioni che si generano al contatto di certe sostanze particolari soltanto a qualche località. La nuova geognosia ricerca più tosto una tale causa nella temperatura crescente con la profondità sotto ogni latitudine, nel potente calore interno insomma, che il pianeta deve al suo primo formarsi negli spazii mondiali mercè il condensamento della vaporosa materia ellitticamente circolante. Dappresso al fondato sapere sorgono la congettura e l' opinione. La scienza della natura, come più fiate abbiamo ricordato, non può starsi contenta ad una nuda descrizione, ad un' arida accumulazione di fatti isolati. È lecito al curioso ed attivo spirito dell' uomo di lanciarsi dal presente verso i tempi trascorsi, di suspicare ciò che non può spiegare, e di compiacersi nella perscrutazione di ciò che in ogni tempo gli si è rappresentato sotto le forme sì svariate dei *miti della geognosia*. Se noi consideriamo i vulcani come irregolari *sorgenti intermittenti*, le quali espellono un fluido miscuglio d' ossidi metallici, d' alcali e di terra, sollevato dalla potente pressione dei vapori, scorrendo chete e tranquille ovunque un cotale miscuglio trova un' uscita, ricorriamo involontariamente col pensiero alle geognostiche teoríe dell' imaginoso Platone, secondo le quali le calde sorgenti, come ogni vulcanica ignea eruzione traevano l' origine da una causa universalmente sparsa nelle viscere della terra, da un efflusso del *Piriflegetonte* (223).

Il modo onde i vulcani sono distribuiti sulla superficie della terra, fatta astrazione dalle climateriche differenze, è molto ingegnoso e caratteristico, venendo essi in due classi ripartiti, *vulcani centrali* e *catene vulcaniche*. « Formano i primi sempre il centro d' un gruppo di vulcani secondarii assai numerosi ed abbastanza regolarmente disposti in tutte le direzioni. Quelli che costituiscono le catene vulcaniche sono disposti in iscaglioni, a brevi distanze, in una stessa direzione, come tanti fumaiuoli formatisi sopra una prolungata spaccatura. Questa seconda classe si suddivide essa pure: o i vulcani d' una stessa catena s' innalzano dal fondo del mare, sotto forma d' isolette coniche, ed allora sogliono essere distribuiti al piede d' una catena di montagne primitive che corre nella stessa direzione; o pure sono situati sulla linea culminante di tale catena primitiva, di cui formano le sommità (226). » Il Picco di Teneriffa, per esempio, è un *vulcano centrale*, il centro del gruppo vulcanico a cui sono da riferirsi le eruzioni di Palma e Lancerote. La grande muraglia naturale che ora semplice, ora in due o tre rami paralleli e quindi congiunti per mezzo di strette giogaie trasversali, la catena delle Ande insomma, presenta dal Chili meridionale fino alla costa settentrion-ponente dell' America il più grande esempio del sorgere d' una *catena vulcanica* sulla terraferma. In questa catena s' annuncia la vicinanza di vulcani attivi per l' improvviso affacciarsi di certe rocce (dolerite, melafiro, trachite, andesite, porfido dioritico) le quali hanno traversato le così dette rocce primitive, come i terreni di transizione formati di argilla o d' arenaria, e gli strati recenti. Un tale di continuo ricorrente fenomeno ebbe fin sulle prime a destarmi la convinzione, che quelle sporadiche rocce furono la sede di vulcanici eventi e la causa determinante delle eruzioni. Al piede del potente Tunguragua, presso Penipe (sulle sponde del rio Puela) ho io veduto per la prima volta e distintamente una

roccia vulcanica traversare uno strato di micaschisto che posava sul granito.

Parimente quando i vulcani delle *catene vulcaniche* del Nuovo Continente sono raccostati, trovansi in una reciproca dipendenza l'uno dall'altro, e si vede da secoli la vulcanica attività propagarsi a poco a poco in certe direzioni (nella provincia di Quito da settentrione verso mezzodì (227)). Il focolare generale si estende sotto l'intero altopiano che forma quella provincia; le singole aperture di comunicazione con l'atmosfera sono le montagne che noi con particolari nomi, come vulcani di Pichincha, Cotopaxi, Tunguragua, contrassegniamo, e le quali sia per l'elevatezza come per la forma dei loro gruppi presentano una delle vedute più pittoresche che in una vulcanica contrada ed in un ristretto spazio si possano mai riscontrare. E poichè gli estremi anelli di tali catene vulcaniche sono mediante sotterranee comunicazioni gli uni agli altri collegati, come numerose sperienze ne fanno fede, un tal fatto ne ricorda vera quella sentenza di Seneca, che « un' ignivoma montagna altro non è che un varco delle vulcaniche forze nel profondo operanti (228). » Del pari, nell'altopiano messicano, come io dimostrai (229), appariscono i vulcani (l'Oribaza, il Popocatepelt, il Jorullo ed il Colima) situati tutti nella stessa direzione sopra una grande spaccatura da un mare all'altro, tra 18° 59' e 19° 12' di latitudine settentrionale, e tutti in dipendenza gli uni dagli altri. Il vulcano di Jorullo emerse appunto in tale direzione e sulla medesima spaccatura il 29 settembre 1759, a 513 metri al dissopra delle pianure circostanti. Esso non vomitò lava che una volta sola, precisamente come l'Epomeo nell'isola d'Ischia l'anno 1302.

Ma se il Jorullo, situato alla distanza di 15 miriametri da ogni vulcano attivo, è, nel senso proprio della parola, una *nuova montagna*, non deesi però confonderne l'apparizione

con quella di Monte Nuovo (19 settembre 1538) presso Pozzuolo, la quale viene ragguagliata ai *crateri di sollevamento.* È più naturale, io credo, di paragonare, come già feci altre volte, l' eruzione del nuovo vulcano messicano al sollevamento vulcanico del picco di Metone (presentemente Metana) nella penisola di Trezene. Quest' ultimo fenomeno, descritto da Strabone e da Pausania, ha posto occasione alla feconda fantasia d' un poeta romano di sviluppare idee le quali mirabilmente s' accordano con quella della moderna geognosia. « È presso Trezene un tumulo ripido e brullo; pianura un tempo, ed ora collina. Fero impeto di venti, rinchiusi entro cieche caverne, cercando invano un varco a cielo aperto, oprò di guisa che il suolo si gonfiò, non altrimenti che una vescica od un otre caprino suole distendersi per effetto d'aria, e così rimase in sembianza d' un alto colle che col tempo s' indurò. » Così pittorescamente e, come analoghi casi ci autorizzano a credere, con pari veracità dipinge Ovidio il notevole fenomeno che avvenne fra Trezene ed Epidauro 282 anni avanti l' era nostra, vale a dire 45 anni avanti la separazione vulcanica di Tera (Santorino) e di Terasia, in un luogo dove poi Russegger riscontrò vene di trachite (230).

Fra tutte le isole d' eruzione appartenenti alle catene vulcaniche la più importante è Santorino. « È dessa il tipo perfetto delle isole di sollevamento. Da 2000 anni, per quanto lontano la storia e la tradizione possono arrivare, vedesi la natura in continuo travaglio per formare un vulcano in mezzo al cratere di sollevamento (231). » Consimili fenomeni si manifestano per l' isola di San Miguel, una delle Azzorre, e si producono quasi regolarmente per periodi di ottanta e di novant' anni (232); se non che il fondo del mare non vi è sempre stato sollevato ai medesimi punti. L' isola Sabrina, così chiamata dal capitano Tillard, apparve per mala sorte in un tempo (30 gennaro 1811) in cui la condizione politica delle po-

tenze marittime dell' Europa occidentale non permise agli scientifici istituti di dedicare a così notevole emergenza quell' attenzione che più tardi ebbesi per la nuova e presto disciolta isola Ferdinandea (2 luglio 1831) nel mare di Sicilia, tra le coste calcari di Sciacca e l'isola vulcanica di Pantellaria (233).

La geografica ripartizione dei vulcani che nei tempi storici sono rimasti attivi, ha, stante il gran numero di quelli situati nelle isole o sulle coste, come pure in riguardo alle eruzioni submarine, sebben effimere, che si producono di quando in quando, indotto la credenza che la vulcanica attività abbia relazione con la prossimità del mare, e che senza questa non potrebbe aver durata. « Già da molti secoli, dice Giustino (234) o più tosto Trogo Pompeo ch' egli abbrevia, ardono l' Etna e le isole Eolie; e come potrebbe ciò sì a lungo durare, se il fuoco non ricevesse dal vicino mare alimento? » Per ispiegare la necessità della vicinanza del mare, si è pur voluto in questi ultimi tempi trarre in campo l'ipotesi del penetramento delle acque marine nel focolare dei vulcani, vale a dire nei profondi strati terrestri. Tutto restringendo in un fascio ciò che di particolari considerazioni e di fatti diligentemente raccolti può servire all' uopo in una sì complicata disquisizione, parmi che la questione si riduca alle seguenti ricerche: se l' innegabile grande massa di acquosi vapori che i vulcani, anche in istato di riposo, esalano, debba l' origine sua alle acque salse del mare o non più tosto alle così dette meteoriche acque dolci; se la forza d' espansione dei generati vapori alle diverse profondità dei vulcanici focolari (per esempio, ad una profondità di 28600 metri tale forza giungerebbe a 2800 atmosfere) possa fare equilibrio alla idrostatica pressione delle acque del mare e concedere loro, sotto certe condizioni, libero accesso al focolare (235); se i molti metallici cloruri, la presenza del sal marino nelle screpolature dei crateri, la frequente mescolanza di acido

idroclorico nei vapori d'acqua, permettano d'inferire necessariamente l'ingresso delle acque del mare; se il riposo dei vulcani (temporaneo, o definitivo ed assoluto) dipenda dall'ostruzione dei canali, che avrebbero da prima condotto le acque meteoriche o marine, o se più tosto la mancanza di fiamme e di esalante gas idrogeno (l'idrogeno solforato è più proprio delle solfature che dei vulcani attivi) non istia con la ipotesi d'una grande massa d'acqua decomposta in aperta contraddizione?

La discussione di sì importanti fisiche questioni non è conveniente all'abbozzo d'un quadro della natura. Soffermiamoci qui all'enumerazione dei fenomeni, a quanto di effettivo si riscontra nella geografica distribuzione dei vulcani ancora ardenti. Per essa rileviamo che nel Nuovo Mondo, tre vulcani, il Jorullo, il Popocatepelt ed il vulcano della Fragua sono rispettivamente 15, 25 e 29 miriametri distanti dalle coste del mare; e che nell'Asia centrale si stende una grande catena di montagne vulcaniche, il Tian-scian (le *Montagne celesti*, indicate ai geologi da Abel Remusat) (236), di cui fanno parte il Pe-scian, che vomita lava, la solfatura d'Urum-zi, ed il vulcano ancora attivo del Turfan (Ho-zeu), catena la quale giace quasi ad uguale distanza (273 e 284 miriametri) dal mare Glaciale e dall' oceano Indiano. Il Pe-scian è distante poi dal mare Caspio per ben 250 miriametri, e 32 in 39 dai grandi laghi d'Issikul e di Balkasch (237); gli scrittori chinesi hanno descritto le sue eruzioni di lava, che devastarono le contrade circostanti, verso il primo ed il settimo secolo dell'era nostra per un tratto di 10 *li*, chiamandole « ardenti masse di pietre fluenti quale grasso liquefatto. » È finalmente degno di nota come fra le quattro grandi catene parallele, l'Altai, il Tian-scian, il Kuen-lun e l'Imalaia, che traversano da levante a ponente il continente asiatico, sieno le due catene interne, situate a 297 ed a 134 miriametri da ogni mare,

quelle che abbiano vulcani ignivomi, come l'Etna ed il Vesuvio, esalanti vapori ammoniacali come i vulcani di Gualimala, mentre non ne ha alcuno nella catena più vicina al mare, nell'Imalaia. I fatti qui raccolti, ma finora non abbastanza avvertiti, rendono verosimile che la prossimità del mare ed il penetramento di acque marine nel focolare dei vulcani non sieno una condizione necessaria all'eruzione de' sotterranei fuochi; e che soltanto il litorale possa ben facilitarla, perchè essa forma l' orlo del profondo bacino del mare, il quale non d' altro ricoperto che di strati d' acqua, oppone una minore resistenza che l' interna terraferma, di cui è altronde alquante migliaia di metri più basso.

Gli attuali vulcani, i quali comunicano ad un tempo con l' interno della terra e con l' atmosfera mediante permanente cratere, sonosi disserrati ad un' epoca sì tarda, che fin d' allora già si trovavano sussistenti gli strati di creta più elevati e tutte le terziarie formazioni. Ciò è quanto dimostrano le eruzioni di trachite ed i basalti che formano sovente le pareti dei crateri di sollevamento. I melafiri si stendono fino ai medii strati terziarii, incominciano però a mostrarsi sotto la formazione iurassica, poichè traversano le arenarie screziate (238). Non sono da confondere i crateri attualmente attivi cogli anteriori spandimenti di granito, di porfido quarzoso e d' eufotide derivati dalle spaccature (androni) che si sono aperte e tosto rinchiuse nell' antico terreno di transizione.

L' estinzione della vulcanica attività può essere parziale soltanto, così che nella stessa catena di montagne il sotterraneo fuoco cerchi un' altra uscita; o pure totale come nell'Alvernia: esempii più recenti e di tempo affatto storico somministrano il vulcano Mosiclos nell' isola già sacra a Vulcano (239), di cui Sofocle ancora conobbe « le vorticose fiamme », ed il vulcano di Medma, che secondo Burckhardt vomitò un torrente di fiamme il 2 novembre 1276. Ogni stadio della

vulcanica attività, dalla sua origine fino al suo spegnimento, è caratterizzato da prodotti differenti; primieramente da scorie incandescenti, da correnti di lava formata di trachite, pirosseno ed ossidiana, da ripilli e tufo sotto forma di ceneri, con isprigionamento considerevole di vapori d'acqua quasi sempre pura; poscia, come solfatara, con emissioni d'acqua miste d'idrogeno solforato e d'acido carbonico; finalmente da un totale raffreddamento con esalazioni di gas acido carbonico soltanto. Se la classe singolare di montagne ignivome, le quali non eruttano lava, ma soltanto devastatori torrenti d'acqua bollente (240), pregni di solfo in combustione e di rocce ridotte in polvere (come il Galunggung di Java), presenti uno stato normale o meramente una certa qual transitoria modificazione dei vulcanici processi, rimane a lungo indeciso finchè non venga presa in esame da geologi, i quali sieno in pari tempo istrutti nelle dottrine della chimica moderna.

Tal è la più generale pittura dei vulcani, d'una così importante parte della vita della Terra, ch'io ho qui tentato di abbozzare. Essa fondasi in parte sulle mie proprie osservazioni, ma, per la generalità de' suoi contorni, sui lavori del mio vecchio amico Leopoldo di Buch, il più grande geologo del nostro secolo, il quale per primo ha riconosciuto l'intima connessità dei vulcanici fenomeni e la loro reciproca dipendenza secondo i loro effetti e le loro estensive relazioni.

La *vulcanicità*, vale a dire la reazione dell'interno d'un pianeta contro la sua scorza esterna o superficie, fu lunga pezza considerata soltanto come un fenomeno isolato, nella distruttiva azione della sua tenebrosa sotterranea potenza; nè prima di questi ultimi tempi si è incominciato, a sommo profitto d'una geognosia fondata sulle fisiche analogie, a riguardare le vulcaniche forze come *formanti nuove rocce* o come *innovanti le antiche.* È questo il punto, già da prima avvertito, nel quadro generale della natura, ove, per una più profonda

perscrutazione della vulcanica attività, convergono due diversi rami di scienza, la parte mineralogica della geognosia (struttura e successione degli strati terrestri) e la geografica dottrina della forma dei continenti e degli arcipelaghi sollevati al dissopra del livello del mare. Così fatto legame tra fenomeni d'una sfera si dilatata è conseguenza della filosofica direzione che i gravi studii della geognosia hanno generalmente presa. Il maggiore perfezionamento delle scienze conduce, come il politico perfezionamento dell'umano genere, all'unione di ciò che rimase troppo a lungo disgiunto.

Se non vogliamo ripartire le rocce secondo le differenze della struttura o della sovrapposizione, in rocce *stratificate* e non *stratificate*, in *lamellarie* e *compatte* in *normali* ed *anormali*, ma rintracciare invece i fenomeni della formazione e modificazione, che si producono ancora sotto gli occhi nostri, troviamo che le rocce possono essere distribuite in quattro classi fondamentali: 1.° *roce d'eruzione*, uscite dall'interno della terra, o *vulcanicamente*, in istato di *fusione*, o *plutonicamente*, in istato di *rammollimento* più o meno tenace; 2.° *rocce di sedimento*, precipitate o deposte dal seno d'un fluido, ov'erano primitivamente disciolte o tenute in sospeso (tal è la maggior parte dei gruppi secondario e terziario); 3.° *rocce trasformate* (metamorfiche), di cui la tessitura ed il modo di stratificazione vennero alterati, sia pel contatto o la prossimità d'una roccia d'eruzione plutonica o vulcanica (rocce *endogene*) (241), sia, e questo è il caso più frequente, per l'azione dei vapori e delle sublimazioni (242) che accompagnano l'uscita di certe masse in istato di fluidità ignea; 4.° *conglomerati*, arenarie a grani fini o grossi, brecce; masse formate di avanzi delle tre rocce precedenti, meccanicamente divise.

Queste quattro specie di rocce che si producono ancora al presente mediante lo spandimento di masse vulcaniche in

correnti strette, mediante l' azione di tali masse sopra rocce antiche, mediante la separazione meccanica o chimica di materie sospese o disciolte in acque pregne d' acido carbonico, finalmente mediante la cementazione dei frantumi di rocce d' ogni maniera, sono fenomeni e modi di formazione, i quali non possono considerarsi se non come un debole riverbero di ciò che avvenne durante il periodo caotico del mondo primitivo, allorchè sotto tutt' altre condizioni di calore e di pressione, l' attività delle forze terrestri si sviluppò con intensità maggiore, sopra un suolo meno resistente ed in un' atmosfera più dilatata e sopraccarica di vapori. Oggidì, le enormi spaccature della terrestre scorza sono scomparse; gli spalancati varchi degli strati superficiali già consolidati, per mezzo delle catene di montagne sollevate e fuori sospinte, o per mezzo delle rocce d' eruzione (granito, porfido, basalto, melafiro) sonosi in varie guise colmati ed ostrutti, tanto che in uno spazio grande come l'Europa appena sono rimaste quattro aperture, quattro vulcani, donde le materie ignee e petrose possano far irruzione. Ma altra volta, la scorza terrestre per ogni dove spaccata, sottile, e fluttuante ora in alto ora abbasso, lasciava quasi da per tutto comunicare la massa interna rammollita con l' atmosfera. Gasosi effluvii, sprigionatisi da molto ineguali profondità, dotati perciò di varia chimica natura, vivificano le plutoniche formazioni ed i processi di tramutazione. Parimente, parlando dei terreni di sedimento, gli strati di travertino che dalle acque di fredda o calda temperatura si depongono quotidianamente sia a Roma, come a Hobart-Town in Australia, ci rendono un' imagine, benchè debile assai, della formazione dei terreni fossiliferi. I nostri mari, sotto influenze non ancora bene nè generalmente esaminate, producono incessantemente per via di precipitazione d' alluvione e di cementazione (sulle coste della Sicilia, su quelle dell' isola dell' Ascensione, nella laguna del re Giorgio in Australia) pic-

coli banchi di calcare di cui alcune parti hanno acquistato una durezza paragonabile a quella del marmo di Carrara (243). Sulle coste delle Antille queste formazioni dell' oceano attuale rinchiudono vasi ed altri utensili dell' industria umana, e fin anco (Guadalupa) scheletri della stirpe caraiba. I negri delle colonie francesi chiamano tale formazione *muramento del buon Dio* (*maçonne-bon-Dieu*) (244). Un piccolo strato d'oolite, che malgrado la sua novità ricorda il calcare del Jura, riconobbesi nell' isola Lancerote delle Canarie per un prodotto del mare e delle tempeste (245).

Le rocce composte sono associazioni determinate di certi minerali semplici (feldspato, mica, silice, augite, nefelina). I vulcani producono ancora sotto i nostri occhi rocce simili a quelle del mondo primitivo, avendo gli stessi elementi, ma però diversamente aggruppati. L' indipendenza dei caratteri mineralogici delle rocce dalla geografica loro distribuzione è sì grande che, come già osservammo (246), il geologo stupisce di vedere nelle zone più lontane, al settentrione come al mezzodì dell' equatore, le più minute particolarità ripetersi nelle periodiche sequenze dei silurici strati, nell' effetto del contatto con le augitiche masse d' eruzione.

Passiamo ora all' esame più da vicino delle quattro forme originarie delle rocce (quattro fasi dello stato di formazione) in cui ci si mostrano le parti stratificate e non istratificate della scorza terrestre; e primamente fra le rocce *endogene* o d' *eruzione*, che i moderni geologi chiamano *massicce* ed *anormali*, nomineremo come prodotti immediati della sotterranea attività i seguenti gruppi principali:

Il *granito* e la *sienite*, appartenenti ad età molto diverse; il granito però traversa sovente la sienite (247), ed allora è d'un' origine più recente della forza che ha sollevato questa roccia. « Allorchè il granito apparisce in grandi masse isolate, in forma d' ellissoidi leggrmente arcuati, sia desso

nell' Hart, o nel Misore, o nel basso Perù, dovunque è ricoperto da una crosta nocchieruta. Probabilmente questa specie di mare formato di scogli dee l' origine sua alla contrazione della superficie primitiva del granito (248). » Parimente nell' Asia settentrionale (249), sulle amene e romantiche rive del lago Kolivan (Altai) come sul dorso della catena marittima di Caraccas, a Las Trincheras (250) ho io veduto banchi di granito le cui partizioni provengono senza dubbio da analoghi raggrinzamenti ma mi è sembrato che tale struttura s' internasse profondamente sotterra. Le rocce d' eruzione senz' alcuna traccia d' arenaria, che incontrai al mezzodì del lago Kolivan verso i confini della chinese provincia Ili (tra Buchtarminsk ed il fiume Narym) mi parvero d' un aspetto così singolare, che non ne ho mai veduto in altra parte della terra. Il granito, sempre scagliato alla superficie e caratterizzato sempre da prismatiche partizioni, sorge nella steppa, ora in piccoli monticelli emisferici, alti 2 o 3 metri appena, ora, come il basalto, in forma di coppa la cui base presenta due stravasamenti a strette pareti diametralmente opposti (251). Alle cataratte dell' Orenoco, come nel Fichtelgebirge (Seissen) in Galizia, e tra il mare del Sud e l' altopiano del Messico (sul Pappagallo), io ho veduto il granito in grandi globi schiacciati, che presentavano spartimenti concentrici simili a quelli del basalto. Nella vallata d' Irtysch, tra Buchtarminsk ed Ustkamenogorsk, il granito copre lo schisto argilloso di transizione pel tratto di un miriametro circa (252), e penetra in esso d' alto in giù per mezzo di strette vene che si diramano terminando in affilate punte. Riferisco queste particolarità per modo d' esempio, onde contrassegnare il carattere individuale delle rocce d' eruzione, in una delle rocce più generalmente diffuse. Nella stessa guisa che il granito copre l' argilla in Siberia e nel dipartimento di Finisterra (isola di Mihau), del pari copre

il calcare iurassico, nelle montagne d' Oisons (Fermonts), del pari copre la sienite, e nel mezzo di questa roccia, la creta, a Weinboehla, in Sassonia (253). Nell' Ural, a Mursinsk, il granito è poroso, e le sue cellette sono come le cellette e le fenditure delle rocce vulcaniche recenti, ripiene di magnifici cristalli, particolarmente di berilli e di topazi.

Il *porfido quarzoso*, si unisce sovente alle altre rocce a guisa di filone. La pasta suol essere un miscuglio a grani fini degli stessi elementi che vi si trovano cosparsi in più grossi cristalli. Nel *porfido granitico*, poverissimo in quarzo, la pasta feldspatica è pressochè *granellosa* e fogliacea (254).

I *grunstein*, le dioriti, miscuglio granelloso d' albite bianca e di hornblenda d' un verde nerastro, formano *porfidi dioritici*, quando i cristilli d' albite sono disseminati in una pasta compatta. Questi grunstein, ora puri, ora mescolati di fogliole intercalate di diallage (Fichtelgebirge), e passando in quest' ultimo caso, al serpentino, sono talvolta iniettati fra gli antichi strati dello schisto argilloso verde, ove formano dei letti; più spesso però traversano il suolo in forma di filoni, o pure emergono in forma di cupole affatto analoghe a quelle di porfido e di basalto (255).

L' *hypersthenfels* è un miscuglio granelloso di labrador e d' ipersteno.

L' *eufotide* ed il serpentino, in cui la diallage trovasi talvolta surrogata dai cristalli d' augite e d' uralite, ed allora approssimantisi ad un' altra roccia più comune, direi quasi ad una roccia d' eruzione più attiva, il porfido sugitico (256).

Il *melafiro* ed i porfidi a cristalli d'augite, d'uralite e d'oligoklas. A quest' ultima specie di porfido appartiene il puro *verde antico*, sì celebre per l' uso suo nelle arti.

Il *basalto* con l'olivina ed i suoi elementi quali, trattati cogli acidi, danno precipitati gelatinosi, la *fonolite* (porfido argilloso), il *trachite* e la *dolerite;* la prima di queste rocce è soltanto parzialmente divisa in lamine sottili; la seconda presenta sempre tale struttura che dà a queste due rocce, anche in grandi estensioni, l'apparenza d'una specie di stratificazione. La mesotipe e la nefelina entrano, secondo Girard, per una parte importante nella composizione ed interna tessitura dei basalti. La nefelina del basalto ricorda al geologo la *miascite* delle montagne dell'Ilmen, nell'Ural (257), minerale che si è confuso col granito e che contiene talvolta della zircona; essa ricorda altresì la nefelina pirossenica, scoperta da Gumprecht presso Löbau e Chemnitz.

Alla seconda classe di rocce, le *rocce di sedimento,* appartiene la maggior parte delle formazioni, le quali altra volta s'abbracciavano sotto le sistematiche ma non corrette denominazioni di *formazioni piane, formazioni di transizione, formazioni secondarie e tarziarie.* Se le rocce d'eruzione non avessero sollevato la scorza terrestre, e i terremoti, che ne seguirono, non avessero agito su queste formazioni di sedimento, la superficie del nostro pianeta consisterebbe in una serie di strati orizzontali regolarmente disposti gli uni sopra gli altri. Sprovveduta dalle montagne, le cui pendenze, nella gradazione pittoresca delle specie vegetali, riverberano la scala delle decrescenti temperature dell'atmosfera, la superficie dei continenti sarebbe a mala pena variata da qualche avvallamento, da qualche accumulazione di materie frammentarie, insignificanti prodotti della forza d'erosione e di trasporto di fiacche correnti d'acqua dolce; da un polo all'altro essa presenterebbe il triste ed uniforme spettacolo dei Llanos dell'America del Mezzodì o delle steppe dell'Asia settentrionale: da per tutto vedremmo la vôlta celeste riposare immediata-

mente sulle pianure, egli astri salire come dal seno d'un mare senza sponde. Un tale stato di cose però, nel mondo primitivo, se pur si vide, non dovette avere una lunga durata, poichè le sotterranee forze in tutte le epoche della natura si travagliarono a modificarlo.

I terreni di sedimento furono *precipitati* o *depositati* dal seno delle acque, secondo che la materia costitutiva, il calcare o lo schisto argilloso, si trovava chimicamente disciolta nel centro liquido o nello stato di miscuglio o di sospensione. Allorchè terre disciolte nell'acqua, coll'aiuto d'un eccesso d'acido carbonico, riescono a precipitarsi, la loro discesa e la loro accumulazione in istrati sono da riguardarsi come un effetto delle leggi meccaniche di formazione. Questa veduta è di qualche importanza per lo studio dell'infossamento dei corpi organici negli strati calcari in cui s'effettua la petrificazione. I più antichi sedimenti dei terreni di transizione o dei terreni secondarii probabilmente si formarono dentro di acque più o meno calde, ad un tempo in cui la temperatura della scorza superiore della terra era ancora assai gagliarda. A questo riguardo non isconviene il dire che le forze plutoniche abbiano agito sugli strati sedimentarii e principalmente sui più antichi; se non che questi strati sembrano essersi induriti ed avere acquistata la loro struttura schistosa sotto l'influenza d'una grande pressione, là dove le rocce uscite dall'interno (il granito, il porfido ed il basalto) si sono *solidificate* per via di raffreddamento. Quando le acque primitive divenendo a poco a poco meno calde poterono assorbire in maggiore quantità il gas acido carbonico di cui l'atmosfera era sopracarica, valsero pure allora a tenere in dissoluzione una massa più grande di calcare.

Gli strati di sedimento, dai quali escluderemo tutti gli strati esogeni prodotti dall'accumulazione meccanica delle sabbie e delle ghiaie, sono i seguenti:

Lo *schisto argilloso* dei terreni di transizione inferiori e superiori, comprendenti le siluriche e devoniche formazioni, dagli strati inferiori del sistema silurico, che un tempo nomavasi formazione cambrica, fino allo strato più elevato della vecchia arenaria rossa, o della formazione devonica, strato approssimante il calcare di montagna.

I *letti di carbone di terra.*

I *calcari* intercalati nelle formazioni di transizione e negli strati di carbone; lo zechstein, il calcare conchigliare, la formazione iurassica, la creta e tutti i terreni del gruppo tarziario che non possono essere schierati nè tra le arenarie, nè tra i conglomerati.

Il *travertino,* il calcare d'acqua dolce, le concrezioni silicìose delle sorgenti termali, le formazioni che si sono prodotte, non sotto la pressione delle grandi masse d'acque pelagiche, ma quasi all'aria aperta, sui bassi fondi delle paludi e delle riviere.

I *banchi d'infusorii,* manifestazione geologica della maggiore significanza, in quanto che ci rivela l'influenza dell'organica attività sulla formazione dei terreni, e di cui devesi la scoperta in questi tempi al mio ingegnoso amico Ehrenberg, uno de' miei compagni di viaggio.

Se noi, in questo rapido ma generale esame degli elementi mineralogici della scorza terrestre, non abbiamo collocato, immediatamente dopo le rocce semplici di sedimento, i *conglomerati* e le *arenarie,* che sono anch'essi, almeno in parte, sedimenti separati da un centro liquido, e che alternano nei terreni di transizione e negli strati fossiliferi, con lo schisto argilloso e con la creta; egli è solamente per la considerazione che i conglomerati e le arenarie non si compongono solamente di avanzi di rocce d'eruzione e di sedimento, ma contengono ancora tritumi d'arenarie, di micaschisti e d'altre masse *metamorfiche.* L'arcano processo e l'effetto di queste ultime im-

mutazioni (metamorfosi) deggiono quindi costituire la terza classe delle forme fondamentali.

La roccia endogena o d' eruzione (il granito, il porfido ed il melafiro) non è un agente soltanto dinamico, come più volte venne osservato; non solamente essa solleva o scuote gli strati sovrapposti, li rileva o li respinge lateralmente, ma modifica profondamente le combinazioni chimiche dei loro elementi e la natura del loro tessuto interno. Da ciò derivano rocce novelle, il gneis, il micaschisto ed il calcare saccaroide (marmo di Carrara e di Paro). Gli antichi schisti di transizione di formazione silurica e devonica, il calcare belemnitico della Tarentasia, il *macigno* (arenaria calcare) grigio e scuro, contenente alghe marine, che s' incontra nell' Apennino settentrionale, assumono sovente, dopo la loro trasformazione, una nuova e lucente struttura che li rende difficili a raffigurare. La teoria del metamorfismo è stata fondata dal momento che si venne a capo di tener dietro passo a passo a tutte le fasi della trasformazione e di guidare le geologiche induzioni mercè le dirette chimiche sperienze sull' influenza dei diversi gradi di fusibilità, di pressione e di raffreddamento. Quando lo studio delle combinazioni della materia è guidato da un' idea feconda (258), può la chimica, dall' angusto recinto del laboratorio, diffondere una viva luce sul campo della geognosia, sulla grande sotterranea officina della natura da cui vennero formati e trasformati gli strati terrestri. L' osservatore filosofo può sottrarsi all' illusione delle apparenti analogie e ad un modo troppo angusto di vedere i fenomeni della natura, ove abbia di continuo sott' occhio la complicazione delle condizioni, le quali con la loro intensa, enorme forza deggiono aver modificato nel mondo primitivo la reciproca azione delle singole materie da noi oggidì così ben conosciute. I corpi semplici hanno certamente in ogni tempo obbedito alle medesime leggi d' attrazione; e là dove

al presente si trovino contraddizioni, la chimica, io ne sono intimamente convinto, risalirà il più delle volte alle condizioni non adempite in eguali misure, onde sorgono quelle differenze.

Esatte osservazioni, abbraccianti un vasto tratto di terreno, mostrando che le rocce d'eruzione non accusano una violenta, sfrenata potenza effettrice. Nelle contrade più opposte vedesi spesso il granito, il basalto o la diorite esercitare regolarmente, fino nelle più minute particolarità, la loro azione trasformatrice sugli strati dello schisto argilloso, su quelli del calcare compatto e sui grani di quarzo di cui si compone l'arenaria. Quanto una roccia endogena qualunque esercita da per tutto lo stesso modo d'azione, altrettanto le diverse rocce di questa classe presentano caratteri assai diversi. Un intenso calore ebbe pel fatto una parte molto attiva in tutti questi fenomeni; ma il grado di fluidità (della perfetta disgregazione delle parti o della viscosa aderenza) apparisce molto vario nel granito e nel basalto: oltre che, nelle diverse epoche geologiche (fasi delle modificazioni della terrestre scorza) insieme con le eruzioni di granito, di basalto di grunstein a pasta di porfido, di serpentino, tante altre materie disciolte in vapore si sono dallo spalancato interno sollevate. Qui cadde in acconcio di ricordare che, secondo le più sagaci vedute della moderna geognosia le *metamorfosi* delle rocce non si sono circoscritte ad un semplice fenomeno di *contatto*, ad un'effetto d'apposizione di due rocce, ma che tutto abbracciano ciò che ha *accompagnato* l'irrompere d'una massa di determinata eruzione. Là dove il contatto non ebbe luogo, la semplice prossimità d'una tale massa è già bastante per modificare la coesione, la tessitura, il siliciume e la forma cristallina delle rocce preesistenti.

Ogni roccia d'eruzione penetra, diramandosi, negli strati sedimentarii, o in altre masse ugualmente endogene; ma la

differenza che si manifesta fra le rocce plutoniche (259) (il granito, il porfido, il serpentino) e le rocce dette *vulcaniche* nel più stretto significato della parola (trachite, basalto, lava) è d'una particolare importanza. Le rocce che sono il prodotto degli attuali vulcani attivi che rimangono ancora al nostro globo, si presentano in correnti strette, e non formano uno strato di qualche ampiezza se non nei bacini dove parecchie correnti si sono raccolte. Le basaltiche eruzioni, dove si è potuto seguirle nelle loro profondità, sonosi vedute sempre terminare in rami sottili. Presso Marksuhl (ad 1 miriametro e 1/2 da Eisenach) e Eschwege (sulle sponde della Verra) e presso la druidica pietra sulla strada d'Hollert (Siegen) per non riferire che tre esempi del patrio suolo, il basalto, iniettato per istrette aperture, ha traversato l'arenaria screziata e la grauwacke, e, simile al cappello di un fungo, si è allargato per dissopra, formando una massa ora spaccata in colonne aggruppate, ora sottilmente affaldata. Non è così del granito, della sienite, del quarzo porfiroide, del serpentino e della intera serie di quelle rocce non istratificate, di tessitura massiccia, alle quali si è dato il nome di *plutoniche*, per predilezione d'una mitologica nomenclatura. Tutte queste rocce, tranne alcuni filoni, sorsero in istato pastoso e non di compiuta fusione; non per anguste fenditure, ma per larghe spaccature simili a valli, e per gole d'una grande estensione. Sono state spinte di sotto insù, e non iniettate in istato liquido; non si mostrano in correnti strette, come la lava, ma dilatate in masse ingenti (260). Alcuni gruppi di dolerite e di trachite sembrano avere posseduto lo stesso grado di fluidità del basalto; altri gruppi che s'adergono in masse considerevoli, sotto forma di campane o di cupole senza cratere, sembrano essere usciti in istato di semplice rammollimento. Certe trachiti sono disposte per letti, come il granito ed il porfido quarzoso; tali sono le trachiti della catena delle

Ande di cui ho sovente trovato una singolare affinità coi porfidi a pasta di grunstein e di sienite, argentiferi e quindi spogli di quarzo.

Le sperienze fatte intorno le modificazioni che la tessitura e la chimica costituzione delle rocce hanno subito per effetto del fuoco (261), insegnarono che le vulcaniche masse (la diorite, il porfido augitico il basalto e la lava dell'Etna) secondo la diversità della pressione sotto cui sonosi liquefatte, o la durata del loro raffreddamento, danno, se questo fu rapido, un vetro nero di frattura uniforme, e, se lento, una massa petrosa di struttura granulare o cristallina. I cristalli allora si formano parte in cellette, parte nella massa stessa in cui sono impastati. Le stesse materie (e questo fatto per lo studio delle rocce d'eruzione e delle trasformazioni a cui esse possono dar luogo è della maggiore importanza) somministrano i composti più differenti. La calce carbonata, fusa sotto una gagliarda pressione, non perde il suo acido carbonico; raffreddata, la massa diventa un calcare granulare, un marmo *saccaroide*. Tali sono i risultamenti ottenuti per la via secca. Per l'umida, si produce spato calcare od aragonite, secondo che il grado di calore è stato debole od elevato (262); perchè le differenze di temperatura determinano il modo d'aggregazione delle molecole che si uniscono nell'atto della cristallizzazione, ed influiscono sulla forma del cristallo medesimo (263). Si danno in oltre certe circostanze in cui le molecole d'un corpo possono acquistare una nuova aggregazione, che si manifesta per mezzo di proprietà ottiche differenti, senza che il corpo sia passato per lo stato di fluidità (264). I fenomeni che presentano la devitrificazione, la produzione dell'acciaio mediante la fusione o la cementazione, il trapasso del ferro fibroso allo stato di ferro granulare mediante una elevata temperatura (265), e forse per mezzo di piccole, ma regolari e prolungate scosse, valgono similmente a spargere

luce sui geologici processi delle metamorfosi. Il calore può anzi produrre nei corpi cristallizzati, effetti interamente opposti; poichè, dopo i belli esperimenti di Mitscherlich (266), è un fatto che lo spato calcare si dilata nella direzione d'uno de' suoi assi, e si contrae in quella dell' altro senz' alterare il suo stato d' aggregazione.

Se da queste generali considerazioni passiamo a qualche esempio particolare, vediamo a prima giunta lo schisto trasformato in lavagna d'un nero azzurrognolo e lucente per la prossimità delle plutoniche rocce d' eruzione. Le falde di stratificazione sono allora interrotte da un altro sistema di falde di separazione (giunture) quasi perpendicolari alle prime, indizio sicuro d'un' influenza posteriore alla metamorfosi della roccia primitiva (267). L' acido silicico, che ha penetrato lo schisto argilloso, vi produce vene di quarzo e lo trasforma, in parte, in pietra molare ed in schisto silicioso (quest' ultima roccia è talvolta carbonifera; essa può allora dar luogo a fenomeni galvanici). Lo schisto, al più alto grado di *silicificazione* (268), diventa una materia preziosa per le arti; tal è il *diaspro listato* che si è prodotto, nell' Ural, per l' eruzione ed il contatto del porfido augitico (Orsk), del porfido dioritico (Auschkul), o d' una massa rotonda d' iperstene (Bogoslowsk). Nell' isola dell' Elba (Monte-Serrato), secondo Federico Hoffmann, ed in Toscana, secondo Alessandro Brongniart, il diaspro listato si è formato al contatto dello schisto coll' eufotide ed il serpentino.

Il contatto e la plutonica azione del granito danno (come venne osservato da Gustavo Rose e da me nell' interno della fortezza di Buchtarminsk (Altai) (269) allo schisto argilloso una tessitura granita e lo trasformano in una massa granitoide, in un miscuglio di feldspato e di mica in cui si trovano impastate grandi particelle di quest' ultimo minerale (270). « Se v' ha un' ipotesi universalmente ammessa in geognosia,

dice Leopoldo di Buch, è quella che attribuisce all' azione trasformatrice del granito sugli strati silurici dei terreni di transizione, tutto il gneiss compreso tra il mare Baltico ed il golfo di Finlandia; essa ha anzi, per la maggior parte dei geologi, il valore d' una verità dimostrata. Nelle Alpi, al monte S. Gottardo, la marna calcare è stata similmente trasformata dal granito in micaschisto prima e poscia in gneiss » (271). Analoghi fenomeni della produzione del gneiss e del micaschisto, per l' influenza del granito, si manifestano: nel gruppo oolitico della Tarentasia (272), in cui si trovarono belemniti in rocce alle quali potrebbe già convenire il nome di micaschisti; nel gruppo schistoso della parte occidentale dell' isola d' Elba, non lontano dal capo Calamita, e nel Fichtelgebirge di Baireuth, tra Lomitz e Markleiten (273).

Come il diaspro, le cui considerevoli masse rimasero inaccesse ai lavori d' arte degli antichi (274), è il prodotto di un' azione vulcanica del porfido augitico, così un' altra materia della quale essi fecero invece una sì molteplice e felice applicazione, il marmo granulare (saccaroide), dev' essere ugualmente considerato come uno strato di sedimento modificato dal calore terrestre e dalla prossimità d' una roccia d' eruzione. Quest' ultima asserzione è avvalorata dall' esatta analisi dei fenomeni che nascono al contatto delle rocce ignee e dalle belle sperienze di sir James Hall sulla fusione delle sostanze minerali, sperienze che risalgono ad un mezzo secolo e che congiuntamente alle profonde investigazioni delle vene granitiche hanno singolarmente accelerato i progressi della moderna geognosia. Talvolta l' azione della roccia d' eruzione s' arresta ad una certa distanza dalla superficie di contatto. Nasce così una trasformazione parziale che si estende nello strato come una specie di penombra; tal è la creta di Belfast (Irlanda), traversata da vene di basalto; tali sono gli strati fossiliferi di calcare compatto, parzialmente infles-

si da un granito sienitico, verso il ponte di Boscampo ed alla cascata di Canzocoli (Tirolo) resa celebre dal conte Marzarì Pencati (275). Un altro modo di trasformazione è quello in cui tutti gli schisti di calcare compatto vennero interamente mutati in calcare granulare per l' azione del granito, della sienite e del porfido dioritico (276).

Mi sia permesso qui di fare una menzione speciale dei marmi di Paro e di Carrara, ai quali capilavori della scoltura hanno dato tanta importanza, e che hanno servito si lungo tempo nelle nostre geologiche collezioni come tipi dei calcari primitivi. L' azione del granito si è manifestata ora per via del contatto immediato, come ne' Pirenei (277), ora, come sul continente greco e nelle isole del mar Egeo, si è propagata a traverso gli strati intermedii di gneiss o di micaschisto. In ambi i casi, le trasformazioni degli strati calcari sono state contemporanee, ma con diverso procedimento. Nell' Attica, nell' Eubea e nel Peloponneso venne osservato che « il calcare sovrapposto al micaschisto è tanto più bello e più cristallino, quanto che il micaschisto medesimo si mostra più puro, vale a dire meno argilloso. » Quest' ultima roccia, ugualmente che strati di gneiss si presentano in molti siti profondi di Paro e d' Antiparo (278). Secondo il fondatore della scuola d' Elea, Senofane di Colofone (279), il quale opinava che la terra fosse stata coperta un tempo dal mare, si sarebbero trovato de' fossili marini nelle cave di Siracusa, e l' impronta « d' un piccolo pesce » (una sardella), in fondo a quella di Paro ; se tale asserzione, riferita da Origene, fosse esatta, si potrebbe credere che certi strati fossiliferi non avessero subito che una metamorfosi imperfetta. Circa il marmo di Carrara (Luna), già adoperato anteriormente ancora al secolo d' Augusto, e che sarà sempre la maniera primaria del materiale occorrente alla statuaria, fino a tanto che non saranno di nuovo attuate le cave di Paro, esso è uno strato, trasformato

dalle forze plutoniche, della stessa arenaria calcare (*macigno*), che si mostra nelle Alpi Apuane, tra il micaschisto e lo schisto talcoso (280). Se poi in certe località il calcare granulare siasi formato prima nell' interno della terra, donde sospinto alla superficie dal gneiss e dalla sienite (281) avrebbe colmato serie di spaccature (come a Auerbach sul Bergstrasse), è questione su cui, per difetto d' una locale ispezione, io non posso permettermi alcun giudizio.

Di tutte le metamorfosi prodotte da una roccia d' eruzione sugli strati di calcare compatto, secondo le ingegnose osservazioni di Leopoldo di Buch, la più notabile è quella delle *masse dolomitiche*, specialmente nel Tirolo meridionale e sul pendio italiano della catena delle Alpi. Un tal modo di trasformazione del calcare procede dalle fessure da cui quello è per ogni parte traversato. Le spaccature sono dovunque tappezzate da cristalli romboidi di magnesia; l' intera formazione non è più che un' agglomerazione granulare di cristalli di dolomite, in cui non si rinvengono più tracce della stratificazione originaria, nè dei fossili che vi erano primitivamente contenuti. Foglie di talco e pezzi di serpentino sono qua e là sparsi nella nuova roccia. Nella Fassathal, la dolomite s' aderge verticalmente in liscie muraglie d' una smagliante bianchezza, fino a più migliaia di metri d' altezza. Essa forma cime acute, numerose, assai raccostate, ma che non si toccano. Il loro aspetto ricorda il grazioso paese di fantastiche montagne di cui Leonardo da Vinci ha ornato il fondo del ritratto di Monna Lisa.

I geognostici fenomeni che abbiamo qui descritto, scuotono la nostra imaginativa come parlano all' intelletto; essi sono opera d' un porfido augitico, che ha sollevato, franto, trasformato gli strati giacenti di sopra (282). Il processo della conversione del calcare in dolomite non sarebbe dall' illustre osservatore, che per primo lo ha indicato, in nessun

modo attribuito all' introduzione d' una certa quantità di talco proveniente dal porfido nero; ma considerato solamente come una modificazione contemporanea dello irrompere di quest' ultima roccia a traverso di ampie fenditure ripiene di vapori. Ai futuri osservatori resta il determinare come là dove si trovano letti di dolomite intercalati fra quelli del calcare, possa essere la trasformazione seguita senza contatto d' una roccia endogena. Quali dunque esser possono le vie tenute dalla plutonica azione? Forse che non convenga qui rimettersi al vecchio romano adagio: « Spesso la natura ha seguito diverse vie per giungere ai medesimi fini? » E che! avremmo noi potuto verificare ad ogni piè sospinto, sopra una vasta contrada, per intere zone, l' accordo di due fenomeni; avremmo noi veduto alla proiezione del melafiro essere concomitante la metamorfosi del calcare compatto in una massa cristallina dotata di novelle chimiche proprietà, e, quando ci abbatteremmo in un luogo ove il primo fonomeno farebbe diffalta al secondo, non ci sarebbe lecito per avventura d' attendere che ulteriori osservazioni riuscissero a tôrre di mezzo questa contraddizione apparente, contraddizione la quale non dipende forse, infin dei conti, che da un' anomalia nascosta nelle condizioni sotto cui la causa principale esercita consuetamente la sua azione? Sarebbe lo stesso che mettere in dubbio la natura vulcanica e l' ignea fluidità del basalto, perchè si è qua e là affacciato qualche caso isolato in cui vene di basalto penetrarono un letto di carbone di terra, senz' avergli levato una parte notabile del suo carbonio; strati d' arenaria, senz' aver dato loro un aspetto di fritta o di scoria; strati di calcare, senza che la creta sia stata convertita in marmo granulare. Insomma, sarebbe imprudente d' abbandonare il filo conduttore, o, se vuolsi, la luce crepuscolare che ci guida nell' oscura ragione delle formazioni minerali, fondandosi sul pretesto che resta ancora al-

cuna cosa a desiderare nella storia della trasformazione delle rocce ed in quella dell' intercalazione di certi strati alterati in mezzo a strati i quali non hanno subito alcun tramutamento.

Dopo la trasformazione della calce carbonata compatta in calcare granulare ed in dolomite, ci rimane a descrivere un terzo modo d' alterazione che i vapori d' acido solforico, vulcanicamente emessi ai tempi primitivi, hanno prodotto sulla stessa roccia. Il gesso, nato da questa reazione, presenta qualche analogia coi depositi di sal gemma e di solfo (quest' ultimo minerale si è precipitato da vapori d' acqua pregni di vapori solforosi). Sulle alte Cordigliere di Quindiù, lungi da ogni vulcano, io ho osservato depositi di solfo che si erano formati d' un modo analogo nelle fenditure del gneiss, mentre in Sicilia (a Cattolica, presso Girgenti) il solfo, il gesso ed il sal gemma appartengono ai più recenti strati dei terreni secondarii (formazione cretosa) (283). Al margine del cratere del Vesuvio ho veduto fenditure ricolme di sal gemma in masse abbastanza rilevanti per dar luogo ad un commercio proibito. Ne' Pirenei, è impossibile di dubitare che l' apparizione della dolomite, del gesso e del sal gemma non si rannodi a quella delle masse dioritiche (o pirosseniche?) (284). Tutto, nei qui descritti fenomeni, annunzia l' azione delle forze sotterranee sugli strati sedimentarii deposti dall' oceano primitivo.

Difficile molto è l' assegnare un' origine alle potenti falde di quarzo puro che costituiscono uno dei tratti caratteristici delle ricchezze minerali della catena delle Ande (285) nell' America del mezzodì. Da Caxamarca a Guangamarca, discendendo verso il mare del Sud, io ho trovato letti di quarzo d' una potenza di due o tre mila metri; essi posano ora su porfido privo di quarzo, ora sopra una diorite. Provengono essi forse dalla trasformazione dell' arenaria, come i letti di

quarzo del col de la Poissonnière (a levante di Brianzone) ai quali Elia di Beaumont attribuisce questa origine? (286). Al Brasile, nei distretti di diamante delle provincie di Minas-Geraes e di S. Paolo, che furono recentemente studiati con accuratezza da Clausen, le forze plutoniche dei filoni di diorite hanno prodotto mica comune e ferro specolare nell' itacolumite squarzoso. I diamanti di Grammagoa sono rinchiusi dentro strati d' acido silicico solido; talvolta sono avviluppati da foglie di mica, affatto come i granati del micaschisto. I diamanti più settentrionali che sieno stati scoperti dal 1829 sotto 58° di latitudine sul pendio europeo dell' Ural, si trovano in geologica relazione con la dolomite nera carbonifera di Adolfskoi (287), e col porfido augitico; ma queste affinità non sono state ancora chiarite a sufficienza mediante esatte osservazioni.

Fra i più notevoli fenomeni di contatto sono finalmente da annoverarsi la formazione dei graniti nello schisto argilloso in contatto col basaito o la dolerite (Northumberland, isola d' Anglesey), e la produzione di una grande quantità di belli svariatissimi cristalli (il granato, la vesuviana, l' augite e la ceilanite), i quali si sono sviluppati sulla superficie di contatto di rocce d' eruzione e di strati sedimentarii, od al congiungersi della sienite di Monzon con la dolomite ed il calcare compatto (288). Nell' isola d' Elba, masse di serpentino che forse non presentano in nessun luogo così spiccatamente il carattere di rocce d' eruzione, hanno prodotto sublimazioni di ferro specolare (mica ferrigna) e d' ossido rosso di ferro nelle fessure d'un'arenaria calcare (289). Noi vediamo cotidianamente questo ferro specolare deporsi così agli orli del cratere e nelle correnti di lave recenti del vulcano di Stromboli, del Vesuvio e dell'Etna (290), sublimandosi dai vapori degli aperti filoni. E come qui per le forze vulcaniche si formano sotto gli occhi nostri cotesti filoni, coteste vene, là dove la nuova

roccia è già pervenuta ad un certo grado di consistenza; di una consimile guisa ne' primitivi rivolgimenti geologici deggiono da per tutto esser nati i filoni mettalici e petrosi, dove la solida, ma ancora poco densa crosta del nostro pianeta, spesso dagli scortimenti agitata, pel mutamento di volume nel raffreddarsi travagliata e screpolata, presentò numerose comunicazioni coll' interno, moltiplici sfoghi ai vapori ascendenti, alle sublimazioni d' ogni maniera. La disposizione delle particole in istrati paralleli alla superficie laterale del filone (Sahlbändern), la ripetizione regolare delle falde omologhe ai due lati del filone (la parete ed il letto), la cavità cellulare allungata del mezzo fanno ben tosto ravvisare in un gran numero di vene metalliche il processo plutonico della sublimazione. Da poi che le vene *penetranti* sono d' un' origine più nuova degli strati *penetrati*, le giaciture relative del porfido e delle formazioni argentifere delle miniere di Sassonia, le più ricche della Germania, accennano che queste formazioni sono almeno più recenti degli stipiti d' alberi del terreno carbonifero e della nuova arenaria rossa inferiore (Rotkliegendes) (291).

Felice pensamento, che apportò una inaspettata luce su tutto ciò che concerne la formazione della scorza terrestre e la metamorfosi delle rocce, fu veramente quello di paragonare i minerali naturali con le scorie dei fornelli delle nostre fucine, e di ricomporli artificialmente ne' rispettivi loro elementi (292). Mediante tutte queste operazioni sono poste in azione le medesime affinità, che determinano le chimiche combinazioni dei nostri laboratorii come nel seno della terra. Fra i minerali per artificial via formati, i minerali semplici più importanti onde le rocce d' eruzione plutoniche o vulcaniche e le rocce metamorfiche sono caratterizzate, si trovarono riprodotti nello stato cristallino con la più perfetta identità. Distingueremo però i minerali che si sono casualmente

formati nelle scorie, da quelli di cui il chimico si è proposta la riproduzione. Ai primi appartengono il feldspato, la mica, l'augite, l'olivina, la blenda, l'ossido di ferro cristallizzato (ferro specolare), l'ossido di ferro magnetico ottaedrico ed il titano mettallico (293); ai secondi il granato, l'idocraso, il rubino (uguale in durezza all'orientale), l'olivina e l'augite (294). Questi ora nominati minerali formano le parti costituenti del granito, del gneiss, e del micaschisto, del basalto, della dolerite e di porfidi molti. La riproduzione artificiale del feldspato e della mica è particolarmente di una grande importanza in geognosia, per la teoria della trasformazione in gneiss dello schisto argilloso. Questo contiene la parte costitutiva del granito, non eccettuata la potassa (295). Non sarebbe dunque, come rettamente osserva un ingegnoso geologo, il sig. di Dechen, cosa tanto inopinata, se vedessimo una volta formarsi un frammento di gneiss alle pareti d'un fornello costrutto di schisto argilloso e di grauwacke.

Dopo aver passato in rassegna in queste generali considerazioni sulla parte solida della scorza terrestre, le tre classi fondamentali di rocce (le rocce d'eruzione, le rocce di sedimento e le rocce metamorfiche), ci rimane ancora a nominare la quarta, quella dei *conglomerati* o le rocce *detritiche* (frammentarie). Questi nomi stessi ricordano gli sconvoglimenti che ha provato la superficie della terra; ricordano altresì il processo della *cementazione* (saldamento) che ha consolidato, per mezzo dell'ossido di ferro o di materie argillose e calcari, ammassi di frammenti rotondi od angolari. I conglomerati e le brecce nel più ampio significato della parola, manifestano i caratteri d'una doppia origine. I materiali che li compongono meccanicamente non furono soltanto accumulati dalle onde del mare o dalle acque dolci in movimento; sonvi rocce detritiche alla cui formazione le acque non ebbero parte alcuna. « Allorchè isole di basalto o monti

di trachite si sono sollevati da spaccature, l'attrito delle sorgenti rocce contro le pareti dei varchi fu cagione che il basalto e la trachite si attorniarono di conglomerati derivanti dalle loro stesse masse. I grani che compongono le arenarie di molte formazioni, vennero distaccati più tosto dall'attrito delle irrompenti rocce (vulcaniche o plutoniche), che sgretolati dallo sferzamento d'un mare vicino. L'esistenza di tale specie di *conglomerato per attrito.* (che si rinviene nei due emisferi in masse enormi), rivela l'intensità della forza con la quale le rocce d'eruzione si sono spinte contro gli strati della scorza terrestre, nell'essere espulse fuori dalle viscere della terra. Le acque si sono poscia impadronite di cotali rimasugli ed hannoli sparpagliati per istrati nel fondo stesso ch'essi coprono (296). S' incontrano formazioni d'arenaria inserte a tutti gli strati, dai terreni silurici di transizione più bassi fin nelle formazioni terziarie, al disopra della creta. Al lembo delle sterminate pianure del Nuovo Continente, dentro e fuori dei tropici, si vedono questi strati d'arenaria distendersi a guisa di muraglie, come per contrassegnare l'antica spiaggia ove gli spumanti flutti si frangevano.

Alla prima occhiata che diasi sulla distribuzione geografica delle rocce e sull'estensione loro nelle parti della scorza terrestre che sono accessibili alle osservazioni, si riconosce che la chimica sostanza più sparsa è l'*acido silicico*, il più delle volte opaco e variamente colorato. Subito dopo l'acido silicico solido domina la calce carbonata; poi vengono le combinazioni dell'acido silicico con l'allume, la potassa e la soda, con la calce, la magnesia e l'ossido di ferro. Quelle che noi chiamiamo *rocce*, sono associazioni determinate d'un assai ristretto numero di minerali, a cui si uniscono alcuni altri minerali parassiti, in modo però ugualmente determinato. Quando in una roccia l'aggregazione del quarzo (acido silicico). del feldspato e della mica è qualità costitutiva del gra-

nito; altrettanto questi minerali si smembrano o s' appaiano in molte altre formazioni. Per mostrare quanto le proporzioni di tali elementi possano variare da una roccia ad un'altra, da una feldspatica, per esempio, ad una micacea, ricorderò che se, giusta Mitscherlich, si aggiunga al feldspato tre volte più d' allume ed un terzo più d'acido silicico, di quello che già racchiude, si ottiene la composizione della mica. Ambedue i minerali contengono la potassa, la cui esistenza in molte rocce risale ben innanzi al principio d' ogni vegetazione sulla terra.

La serie successiva e con essa l' età delle formazioni si ravvisano alla reciproca sovrapposizione degli strati di sedimento, degli strati metamorfici, e dei conglomerati, alla natura dei terreni fino a cui le masse d' eruzione sono arrivate, e più sicuramente per la presenza degli organici avanzi e la diversità della loro struttura. L' applicazione dei botanici e zoologici mezzi di prova alla determinazione dell' età delle rocce, la *cronometria* della terra, che l' acuto intelletto di Hooke aveva già presentita, contrassegna una delle più splendide ere della moderna geognosia, sottratta infine, almeno sul continente, alle semitiche influenze. I paleontologici studii hanno procacciato alla teoria delle solide formazioni nella scorza della terra, come per un soffio vivificante, ed attrattiva e varietà.

Gli strati fossiliferi ci presentano rinchiuse nelle loro tombe le *flore* e le *faune* delle epoche anteriori. Discendendo di strato in strato per iscrutare le relazioni di sovrapposizione, noi c' innalziamo pel fatto della serie dei tempi. Un mondo tranghiottito di animali e di piante si offre agli occhi nostri. Ogni sovvertimento della terra, ogni sollevamento di grandi catene di montagne, di cui n' è dato di determinare le età relative, contrassegnano lo sparire di antichi organismi, l' apparizione di nuovi. Alcune poche specie antiche si appresentano lungo tempo ancora sotto le nuove. Nella limi-

tatezza del nostro sapere intorno all' essere, nel figurato linguaggio che questa limitatezza suol nascondere, noi chiamiamo *nuove creazioni* gli storici fenomeni delle variazioni sopravvenienti nelle specie organiche, come nei bacini dei mari primitivi e nei contorni dei sollevati continenti. Talvolta cotesti enti organici sonosi serbati intatti fin ne' più minuti particolari del loro tessuto, delle loro cellette, delle loro divisioni; tal altra non si trova che l' orma lasciata da un animale corrente sulla molle argilla, o nei coproliti i residui della sua digestione. Negli strati inferiori iurassici od oolite inferiore (lias di Lyme-Regis) si trovò una seppia sì ammirabilmente conservata, con la sua borsa d' inchiostro, che questa linfa, la quale miriadi d' anni addietro serviva all' animale per occultarsi a' suoi nemici, somministrò ancora il colore a delinearne l' imagine (297). In altri strati non è rimasto che la lieve impronta d' una conchiglia; e tuttavia può questa, se appartiene ad un *genere caratteristico* (298), additare quale formazione colà si trovi, e la natura degli altri organici avanzi insieme ad essa sepolti. La conchiglia che il viaggiatore porta seco dalle sue peregrinazioni, narra la storia della contrada dond' egli l' ha tolta.

Lo studio analitico dell' antico mondo animale e vegetale ha una duplice direzione. L' una, meramente morfologica, descrive la natura degli organismi, e s' applica alla loro fisiologia: essa cerca di colmare, con le formazioni estinte, le lacune che si presentano nella serie degli esseri attualmente viventi. La seconda è più specialmente geognostica: essa considera gli avanzi fossili nelle loro relazioni con gli strati sedimentarii in cui gl' incontra e di cui essi possono servire a determinare l' età relativa. Lunga pezza predominò la prima. Un' imperfetta e superficiale comparazione delle specie fossili con le specie attuali apportò un errore, le cui tracce si ravvisano ancora nelle singolari denominazioni di certi

corpi della natura. Si voleva in tutte le specie estinte riconoscere le viventi, come sopra false analogie nel XVI secolo si confondevano gli animali dell'antico mondo con quelli del nuovo continente. Peter Camper, Summering e Blumenbach hanno il merito d'essere primamente entrati in una via luminosa, mercè la dotta applicazione d'una sottile anatomia comparativa alla parte della paleontologia (l'archeologica scienza della vita organica), che concerne le ossa dei grandi animali vertebrati; ma i grandiosi lavori di Giorgio Cuvier e d'Alessandro Brongniart sono quelli che hanno fondato la geologia dei fossili, mediante la felice combinazione dei zoologici tipi con l'ordine di successione e l'età relativa dei terreni.

I più antichi strati sedimentarii ed i terreni di transizione presentano, nei resti che racchiudono, un miscuglio di forme assai diversamente disposte nel progressivo sviluppamento degli enti. In fatto di piante, tali strati non contengono che rari fuchi, licopodiacee, che forse erano arborescenti, equisetacee e felci tropicali; ma tra le organizzazioni animali troviamo in cotesti strati una singolare unione di crostacei (trilobiti con occhi reticolati), brachiopodi (*spririferi*, *orthis*), eleganti sferoniti che si avvicinano ai crinoidi (299), ortoceratiti della famiglia dei cefalopodi, polipai petrosi, e con queste organizzazioni inferiori, pesci d'una forma strana occorrono già negli strati superiori del silurico sistema. La famiglia dei cefalaspidi dai pesanti scudi, di cui certi frammenti del genere *pterichtys* furono lunga pezza presi per trilobiti, appartiene alla formazione devonica (*Old red*) esclusivamente; la quale famiglia, secondo Agassiz, costituisce un tipo così particolare nella serie dei pesci, come gl'ittiosauri ed i plesiosauri tra i rettili (300). I goniatiti, del gruppo degli ammoniti (301), cominciano ugualmente a mostrarsi nel calcare di transizione, nella grauwacke degli strati devonici, e fino negli ultimi strati del silurico sistema.

La dipendenza della fisiologica gradazione dall'età delle formazioni, che finora non fu dato di ben riconoscere nella stratificazione degli animali senza vertebre (302), viene per lo contrario a manifestarsi nel modo più regolare per quelli che le hanno. Fra questi i più antichi, come abbiamo di sopra veduto, sono i pesci; poi, scorrendo dal basso all' alto la serie delle formazioni, si trovano successivamente i rettili ed i mammiferi. Il primo rettile (un sauro del genere monitore, secondo Cuvier); che già aveva fermato l' attenzione di Leibnizio, occorre nello schisto cuprico dello zechstein, in Turingia (303); secondo Murchison, il paleosauro ed il tecodontosauro di Bristol sono della stessa epoca. Il numero dei sauri va aumentando nel calcare conchiglifero (304), nel keuper e nella formazione iurassica, ove aggiunge il massimo punto. Al tempo di questa formazione vivevano plesiosauri da lungo collo di cigno con trenta vertebre, il megalosauro, coccodrillo gigantesco di 15 metri di lunghezza e con le ossa dei piedi simili a quelle d' un pesante mammifero terrestre; otto specie d' ittiosauri, il geosauro o la *lacerta gigantea*, finalmente sette specie di orridi pterodattili mostruosi o sauri muniti di ale membranose (305). Nella creta il numero dei sauri simile ai coccodrilli già diminuisce; trovasi però contrassegnante quell' epoca il così nomato *coccodrillo di Maestricht* (il monosauro di Conybeare) ed il colossale, forse erbivoro, iguanodonte. Animali, che appartengono alla specie attuale dei coccodrilli, ha Cuvier veduto salire fino alla formazione terziaria; e lo stesso *uomo testimonio del diluvio*, di Scheuchzer (*homo diluvii testis*), grande salamandra, affine all' axolotl ch' io portai meco dai grandi laghi situati intorno al Messico, appartiene alle più recenti formazioni d' acqua dolce di Oeningen.

La determinazione dell' età relativa dei fossili mediante l' ordine di sovrapposizione dei terreni, ha guidato alla scoperta d' importanti relazioni tra le famiglie e le specie (queste

ultime sempre poco numerose) che sono scomparse, e quelle ancora viventi. Vecchie e nuove osservazioni convengono in questo, che le flore e le faune fossili differiscono tanto più dalle forme delle piante e degli animali presenti, quanto più le formazioni sedimentarie ov' elle giacciono sono inferiori, vale a dire più antiche. Le numeriche relazioni che presentano questi variabili fenomeni dell' organica vita, da Cuvier (306) primamente posti in luce, hanno, particolarmente nei diversi gruppi delle formazioni terziarie, contenenti un considerevole numero di fossili diligentemente scrutati, mercè i degni lavori di Deshayes e Lyell, condotto a decisivi risultamenti. Agassiz, che ha esaminato 1700 specie di pesci fossili, e che valuta 8000 il numero delle viventi specie che sono descritte o conservate nelle collezioni, dice chiaramente nella sua opera magistrale: « che, tranne un solo piccolo pesce fossile, particolare alle geode argillose di Groenlandia, non ha mai trovato, nei terreni di transizione nè nei terreni secondarii e terziarii, alcun animale di quella classe che fosse specificamente identico con un pesce che viva in oggi »; aggiunge poi questa importante riflessione: « nella terziaria formazione inferiore, o sia nel grosso calcare e nell' argilla di Londra (*London clay*), un terzo dei fossili pesci appartenere già a famiglie estinte; sotto la creta non trovarsi più un sol genere di pesci del tempo presente, e la singolare famiglia dei *sauroidi* (pesci con iscaglie di smalto, che nella figura s'avvicinano quasi ai rettili, e dalla carbonifera formazione, ove giacciono le loro più grandi specie, salgono fino alla creta ove se ne incontra ancora qualche individuo) starsi rispetto alle due specie che popolano gli americani fiumi ed il Nilo (il lepidosteo ed il poliptero) nella stessa proporzione che corre tra i nostri attuali elefanti o tapiri ed i mastodonti o gli anaploterii del mondo primitivo (307). »

Comunque sia, gli strati di creta, i quali presentano anco-

ra due specie di questi pesci sauroidi, rettili giganteschi, ed un intero mondo distrutto di coralli e di conchiglie, sono, secondo la bella scoperta *di* Ehrenberg, composti di politalami microscopici, di cui molti ancora oggidì vivono nei nostri mari ed eziandio sotto le latitudini medie, nel mare del Nord e nel Baltico. Il primo gruppo terziario sopra la creta, gruppo che si suol denominare strati del periodo *eoceno*, non merita di essere da questo nome speciale contrassegnato, poichè « l' aurora del mondo in cui viviamo si estende molto più al di là nella storia della terra, di quello che siasi finora creduto (308). »

Come i pesci, i più antichi di tutti i vertebrati, si mostrano già nei silurici strati di transizione e quindi non interrottamente passano per tutte le formazioni fino agli strati dell'epoca terziaria ; come altresì i sauri veggonsi cominciare allo zechstein ; così i primi mammiferi (il *thylacotherium Prevostii* e *t. Bucklandi*, affine ai marsupiali, secondo Valenciennes (309)), si trovano nella iurassica formazione (schisto di Stonesfields), ed il primo uccello si riscontra nel più antico deposito della formazione cretacea (310). Tali sono i limiti inferiori delle quattro grandi divisioni della serie dei vertebrati, i pesci, i sauri, i mammiferi e gli uccelli ; tal è, in una parola, su questo punto lo stato attuale della paleontologia.

Ma sebbene, quanto agli animali senza vertebre, nelle più antiche formazioni i coralli petrosi ed i serpuliti si trovino insieme con cefalopodi e crostacei d' una elevatissima organizzazione, di modo che gli ordini più differenti appariscono confusi, è riuscito nondimeno di scoprire leggi determinate per molti gruppi isolati appartenenti ad uno stesso ordine. Conchiglie fossili della medesima specie, goniatiti, trilobiti, nummuliti furono intere montagne. Là dove diversi generi sono commisti, non solo si è spesso riconosciuto una relazione regolare tra la serie degli organismi e quella delle forma-

zioni; ma si è altresì osservato l'associazione di certe famiglie e di certe specie negli strati subordinati d'una stessa formazione. Mercè l'ingegnosa sua legge della disposizione dei lobi, Leopoldo di Buch ha diviso l'infinito numero degli ammoniti in famiglie ben distinte, e mostrato come i ceratiti, al muschelkalk (alcare conchiglifero), gli arieti al lias, i goniantiti al calcare di transizione ed alla grauwacke appartengono (311). I belemniti hanno il loro limite inferiore (312) nel keuper, situato sotto il calore iurassico, ed il superiore nella creta. È noto oggidì che le acque sono state abitate nelle stesse epoche e nelle più lontane contrade da testacei identici, almeno in parte, ai fossili dell'Europa. Leopoldo di Buch ha indicato, nell'emisfero australe (vulcano di Maypo, Chilì), esogiri e trigonii, d'Orbigny ammoniti e grifei, nell'Imalaia e nelle pianure indiane di Cutsch, che sono esattamente della stessa specie di quelle dell'antico mare iurassico in Francia ed in Germania.

Gli strati delle rocce, contraddistinti per mezzo di determinate specie di pietrefatti o per mezzo di determinate ghiaie cui racchiudono, costituiscono un *geognostico orizzonte* secondo il quale il geologo indagatore, allorchè rimane perplesso, può orientarsi, e verificare l'*identità* o *l'età* relativa delle formazioni, la *ripetizione* periodica di certi strati, il loro parallelismo o la loro *soppressione* totale. Quando si vuole abbracciare così, in tutta la sua semplicità, il tipo generale della formazione sedimentaria, s'incontran successivamente procedendo dal basso all'alto:

1.° il così detto *terreno di transizione*, nelle due partizioni di grauwack inferiore e superiore (silurici e devonici strati), l'ultimo contrassegnato un giorno quale antica arenaria rossa;

2.° il *trias inferiore* (313) comprendente il calcare di montagna, i terreni carboniferi, la nuova arenaria rossa inferiore (todtliegendes), ed il calcare magnesio (zechstein).

3.° il *trias superiore*, comprendente le arenarie screziate (314), il calcare conchigliare ed il keuper;

4.° il *calcare iurassico*, (lias ed oolite);

5.° l'*arenaria massiccia* (quadersandstein), la creta inferiore e superiore, del pari che gli ultimi strati che cominciano al calcare di montagna;

6.° le *formazioni terziarie*, comprendenti tre suddivisioni caratterizzate dal calcare grosso, dal carbone bruno o lignite e dalle ghiaie subapennine.

Seguono poi i terreni di trasporto o d'alluvione, contenenti gli ossami giganteschi dei mammiferi dell'antico mondo, come i mastodonti, il dinoterio, il missurio ed i megateridi, fra i quali il milodonte d'Owen, specie di tardigrado lungo 3 metri e mezzo. A queste specie estinte si associano gli avanzi fossili d'animali le cui specie vivono ancora al dì d'oggi; l'elefante, il rinoceronte, il bue, il cavallo ed il cervo. A 2600 metri sopra il livello del mare presso Bogota avvi un campo ripieno d'ossami di mastodonti (*campo de gigantes*), nel quale feci fare diligenti scavi (315); gli ossami poi trovati nell'altopiano messicano appartengono a specie estinte di veri elefanti. Parimente la catena delle Ande, sollevata certo in epoche molto diverse, come pure i promontorii dell'Imalaia (le colline di Sewalik, le quali furono con tanto zelo rovistate dal cap. Cautley e dal dott. Falconer), accanto a numerosi mastodonti, al sivaterio ed alla gigantesca tartaruga terrestre (colossochelys) lunga 4 metri ed alta 2 metri, del mondo antico, comprendono specie del nostro tempo, elefanti, rinoceronti e giraffe; e, cosa molto notevole, in una zona nella quale domina ancora oggidì lo stesso clima tropicale che si può congetturare proprio del tempo dei mastodonti (316).

Dopo che abbiamo comparato la serie delle formazioni inorganiche, di cui la terrestre scorza si compone, cogli avanzi organici che giacciono in esse sepolti, ci rimane a toccare

un' altra parte della storia dell' organica vita, le epoche della vegetazione, o sia delle flore che si svilupparono successivamente col crescere dei continenti e sotto le modificazioni dell' atmosfera. I più antichi strati di transizione non racchiudono, come si è già veduto, che piante marine a foglie cellulari; gli strati devonici sono i primi in cui si trovano alcune forme crittogame di piante vascolari (calamite, licopodiacee) (317). Era sembrato di poter inferire da certe teoriche vedute sulla *semplicità delle forme primitive degli enti organizzati*, che la vita vegetale si fosse destata prima della vita animale sull' antica terra, che questa incominciasse la mercè di quella. L' esistenza stessa delle umane razze, le quali già ricacciate nelle contrade glaciali dell' artico polo si nutrono soltanto di pesci e di cetacei, ci persuade della possibilità di vivere senza sostanze vegetali. Dopo i devonici strati ed il calcare di montagna apparisce una formazione la cui analisi botanica ha fatto splendidi progressi in questi ultimi tempi (318). Il *terreno carbonifero* comprende non solamente piante crittogame analoghe alle felci e monocotiledoni fanerogami (zolle, liliacee analoghe allo yucca e palme), ma eziandio dicotiledoni ginnospermi (coniferi e cicadee). Si conoscono già da 400 specie della flora del terreno carbonifero. Noi nomineremo qui soltanto le calamite e le licopodiacee arborescenti, lepidodendroni squammosi, sigillarie di venti metri di lunghezza, talvolta ritte in piedi e abbarbicate, distinguendosi in oltre per un gemino sistema di fascicoli vascolari; stigmarie simili ai cactus, un numero immenso di fronde di felci sovente corredate dei loro tronchi, e la cui abbondanza prova che la terraferma era totalmente insulare (319); cicadee (320), e particolarmente palmizii (321), in minor numero che le felci; asterofilliti dalle foglie verticillari, affini alle naiadi; coniferi simili a pini del genere araucaria (322) con leggiere vestigia di anelli annuali. Una tale vegetazione si è rigogliosamente sviluppata sulle

parti sollevate e messe a secco della vecchia arenaria rossa, ed i caratteri che la differenziano dal mondo vegetale presente si sono mantenuti, a traverso i periodi posteriori, fino agli ultimi strati della creta; ma la flora di sì strane forme dei carboniferi terreni presenta una singolarissima uniformità nei generi (se non sempre nelle specie) su tutti i punti della terrestre superficie d'allora, nella Nuova-Olanda, al Canadà, alla Groenlandia e nelle isole di Melville (323).

La flora del mondo primitivo ha questo particolare carattere di presentarci forme vegetali la cui analogia con numerose famiglie del mondo presente ne ricorda che in esse sono periti numerosi membri dell' organica serie. Così, per recare soltanto due esempi, le specie di lepidodendron vengono a collocarsi, secondo Lindley, tra i coniferi ed i licopoditi (324); per lo contrario, gli araucuriti ed i piniti presentano qualche cosa d'estraneo nell'unione dei fascicoli vascolari. Anche circoscrivendo le nostre considerazioni al mondo attuale, la scoperta di cicadee e di alberi con radici a piuolo (coniferi) nella flora del terreno carbonifero, accanto a sagenarie ed a lepidodendri, rimane sempre un fatto d'alta significanza. I coniferi infatti non hanno solamente analogia coi cupuliferi e le betulinee, che vediamo accompagnarli nella formazione di ligniti, ne hanno altresì coi licopoditi. La famiglia delle cicadee si approssima alle palme nell' aspetto esteriore, mentre aderisce essenzialmente ai coniferi nella struttura dei fiori e dei semi (325). Là dove più letti di carbone di terra sono sovrapposti l'uno all'altro, i generi e le specie non sono sempre tramescolati; il più delle volte vi sono disposti per generi, di modo che i licopoditi e certe felci si trovano in uno strato, le stigmarie e le sigillarie in un altro. Per farsi un'idea del rigoglioso sviluppamento della vita vegetale del mondo primitivo e della massa di piante accumulate dalle correnti e trasformate poi effettivamente in carbone

per la via umida (326), conviene ricordarsi le carbonaie di Saarbrücher in cui si vedono centoventi letti di carbone l'uno all'altro sovrapposti, non contando molti altri strati meno spessi non oltreppassanti un terzo di metro; conviene ricordarsi che sonovi letti di carbone di terra di dieci ed anche di sedici metri di potenza come a Johnstone (Scozia) od al Creuzot (Borgogna); mentre gli alberi che coprono una data superficie nelle regioni selvose delle nostre zone temperate formerebbero appena in 100 anni su tale superficie uno strato di carbone di sedici millimetri di grossezza (327). Presso la foce del Mississipì e nelle *montagne di legname*, descritte dall'ammiraglio Wrangel, del mar Glaciale in Siberia, si trova ancora di presente un tal numero di tronchi d'alberi condotti giù dai diversi affluenti dei fiumi e dalle correnti del mare, che questi strati di *legname galleggiante* possono dare un saggio di ciò che dev'essere avvenuto nelle acque interne e nelle baie insulari del mondo primitivo per la produzione delle carbonifere stratificazioni: le quali però deggiono certamente una considerevole parte della materia onde sono formate, non a grandi alberi, sì bene a masse di zolle, d'arbusti ramosi e di piccoli crittogami.

L'associazione di palme e di coniferi, che abbiamo già notata nel carbonifero terreno, si continua per tutte le formazioni fino molto innanzi nel periodo terziario. Nel mondo attuale sembrano sfuggirsi. Noi siamo talmente abituati, benchè male a proposito, a considerare tutti i coniferi come una forma propria del settentrione, che io stesso, risalendo dalle coste del mare del Mezzodì verso Chilpasingo e le alte vallate del Messico, ebbi a meravigliare incontrando una densa foresta di pini (*pinus occidentalis*, simile al pino di lord Weimuth) tra la Venta de la Moxonera e l'Alto de los Caxones (1200 metri sopra il livello del mare); nella quale foresta, cui un intero giorno m'occorse per traversare, gli alberi a

piuolo erano associati a palmizii a ventaglio (328) (*corypha dulcis*), coperti di variopinti pappagalli. L'America meridionale produce querce, ma non una sola specie di pino, e la prima volta che un abete mi si offerse agli occhi come un ricordo della mia patria, m'apparve in una disparata prossimità ad una palma a ventaglio. Del pari, Cristoforo Colombo, nel suo primo viaggio di scoperta, vide coniferi e palmizii insieme cresciuti alla punta orientale del settentrione di Cuba (329), ugualmente sotto i tropici, ma appena sopra il livello del mare. Quest'uomo di profondo senno, a cui nulla passò inavvertito, notò come una singolarità nel suo diario di viaggio, e l'amico suo Anghiera, segretario di Ferdinando il Cattolico, riferì con istupore, « che nel paese nuovamente scoperto palmeti e pineti si trovano insieme. » È di grande momento per la geologia il comparare la distribuzione attuale delle piante sulla superficie della terra con quella che presentano le flore del mondo antico. La temperata zona dell'emisfero australe, sì ricca d'isole e d'acque, ed in cui la meravigliosa vegetazione partecipa della flora dei tropici e di quella dei paesi freddi, offre, secondo le belle, vivaci e fresche pitture di Darwin (330), gli esempi più istruttivi per la geografia delle piante moderne e per quella delle piante primitive. Quest'ultima è, nel proprio senso della parola, un ramo importante della *storia del regno vegetale.*

Le cicadee, le quali, pel numero delle loro specie, ebbero una molto maggiore importanza nel mondo primitivo che nel presente, accompagnano i loro affini, i coniferi, a partire dall'epoca in cui si sono formati i letti di carbone. Esse mancano quasi interamente nel periodo delle arenarie screziate, in cui coniferi di più rara formazione (*Voltzia, Haidingera, Albertia*) si sono rigogliosamente sviluppati. Le cicadee toccano però il loro termine massimo nel keuper e nel lias, dove se ne riscontrarono venti specie distinte. Nella creta predo-

minano piante marine e naiadi. Le foreste di cicadee della iurassica formazione scomparvero quindi da lunga pezza, ed anche nei più antichi gruppi della formazione terziaria rimangono molto al disotto dei coniferi e delle palme (331).

Le *ligniti* o gli strati di *carbone bruno*, che s' incontrano in ogni divisione del periodo terziario, contengono, in mezzo ai più antichi crittogami terrestri, alquante palme, molti coniferi con annuali anelli distinti ed arbusti ramosi d' un carattere più o meno tropicale. Nel periodo terziario medio si scorge l' assoluto ritorno delle palme e delle cicadee; nell' ultimo finalmente una grande analogia con la flora attuale. I nostri pini ed i nostri abeti, i nostri cupuliferi, i nostri aceri ed i nostri pioppi vi compariscono di balzo in tutta la loro pienezza. I tronchi di dicotiledoni, sepolti nelle ligniti, si distinguono talvolta per la loro ingente grossezza e per la loro vecchia età. Presso Bonn trovò Nöggerath un tronco in cui annoverò 792 anelli annuali (332). Nella Francia settentrionale, a Yseux (presso Abbeville) si scoperse, nelle torbiere della Somma, una quercia di quattro metri e mezzo di diametro, grossezza straordinaria per le regioni extra-tropicali dell' antico continente. Secondo le fondate investigazioni di Göppert (ed è a sperare che cotesti lavori vengano presto alla luce con tavole esplicative) « tutta l' ambra del Baltico proviene da un conifero, il quale, come provano gli esistenti resti del legno e della scorza appartenenti ad età diverse, doveva formare una *specie particolare* molto simile ai nostri abeti bianchi e rossi. L' *albero ad ambra* del mondo primitivo (*pinites succifer*) era più resinoso che alcun conifero del mondo attuale; poichè la resina vi sta non solo dentro e fuori della scorza, ma anche nel legno stesso, di cui si distinguono nettamente, al microscopio, le cellule ed i raggi midollari pieni di succino; forma altresì grandi masse talvolta bianche e gialle fra gli anelli concentrici del corpo legnoso.

Tra le materie vegetali incastrate nell' ambra si trovarono fiori maschi e femmine di cupuliferi e d' alberi indigeni con foglie aciculari: ma frammenti spiccatissimi di *thuia*, di *cupressus*, di *ephedera* e di *castania vesca*, commisti a frammenti dei nostri pini e ginepri, accusano una vegetazione diversa da quella che ora domina sul litorale del mar Baltico e del mare del Nord. »

Nella geologica parte del quadro della natura noi ora abbiamo percorso tutta la serie delle formazioni, dalle rocce d' eruzione più antiche e dai più antichi strati sedimentarii fino al terreno di trasporto o di alluvione in cui giacciono i *massi erratici*, sull' origine e diffusione dei quali sarà ancora a lungo disputato, ma che noi però incliniamo ad ascrivere, anzichè a fluttuanti masse di ghiaccio che gli abbiano strascinati, all' effetto della caduta impetuosa delle acque rattenute da prima in serbatoi naturali, e scatenate poscia dal sollevamento delle montagne (333). I più antichi membri della formazione di transizione che conosciamo additati, sono lo schisto e la grauwacke, in cui si racchiudono alcuni pochi resti di piante marine provenienti dal silurico, dianzi detto cambrico mare. Questi *terreni primarii*, come vengono appellati, riposano sul gneiss e sul micaschisto; ma se queste due rocce deggiono essere considerate elleno stesse per rocce sedimentarie trasformate, su qual base si sono dunque deposti i più antichi sedimenti? Sarà permesso d' arrischiare una congettura sopra ciò che non può essere soggetto di una positiva geognostica osservazione? Secondo un mito della cosmogonia indiana, la terra è portata da un elefante; egli stesso, acciò non cada, è portato alla sua volta da una gigantesca tartaruga. Sopra di che posi la tartaruga non è lecito di chiedere ai creduli bramini. Noi qui ci avventuriamo ad un simile problema, non senza aspettarci di vederne a più doppii biasimata la soluzione. La primitiva formazione del

nostro pianeta, come osservammo nella parte astronomica del quadro della natura, sarebbe verosimilmente avvenuta per mezzo di anelli di materia vaporosa circolanti intorno al Sole ed agglomeratisi in isfera, la quale si è successivamente consolidata procedendo dall'esterno all'interno. Ciò che noi chiamiamo gli strati silurici più antichi non è altro che la parte superiore della crosta solida della terra. Le rocce d'eruzione che vediamo aver traversata e sollevata questa crosta, sorsero da profondità inaccessibili per noi; esistevano già dunque sotto i silurici strati composte della medesima aggregazione di minerali che, in quelle rocce, le quali ci si resero visibili per mezzo delle eruzioni, chiamiamo granito, roccia augitica, o porfido quarzoso. Guidati dall'analogia, possiamo ammettere che le materie che hanno penetrato gli strati sedimentarii e che ne hanno colmato le ampie fenditure, sono diramazioni d'una stratificazione inferiore. I vulcani ancora attivi agiscono ad enormi profondità; e dai rari frammenti giudicando, che sotto le zone più diverse ho trovato incastrati in correnti di lava, debbo tenere per più che verosimile che una roccia granitica primitiva sia il sostegno (334) di tutto l'edifizio degli strati sovrapposti di cui si costituisce la scorza terrestre. Se vero è che il basalto composto d'olivina non si mostra avanti il periodo cretaceo, se le trachiti sono comparse ancora più tardi, non è men certo che le eruzioni granitiche, come gli stessi prodotti della metamorfosi ne fanno fede, appartengono all'epoca dei più antichi strati sedimentarii della formazione di transizione. Dove la cognizione non può scaturire dall'immediato raziocinio, è ben lecito, anche col soccorso della semplice induzione, come di un diligente confronto dei fatti, di recare in mezzo una congettura, la quale all'antico granito una parte del minacciato diritto ed il vanto alla *primordialità* restituisca.

I recenti progressi della geognosia, vale a dire l'ampliata

cognizione delle *epoche geologiche*, le quali vennero caratterizzate studiando la mineralogica diversità dei terreni, la serie e la specialità degli organismi ch'essi contengono, la stratificazione (raddrizzamento od inalterata orizzontalità degli strati), ci guidano, tenendo dietro alla causale connessione dei fenomeni, alla *ripartizione dei solidi* e *dei liquidi*, dei continenti e dei mari che costituiscono la superficie del nostro pianeta. Noi qui accenniamo ad un punto di contatto tra la storia dei rivolgimenti del globo e la descrizione della sua superficie attuale, tra la geologia e la geografia fisica; alla dottrina generale della forma e della partizione dei continenti. I contorni determinati dall'elemento liquido, e le relazioni d'estensione delle rispettive superficie hanno singolarmente variato nella lunga serie delle epoche geologiche. Variarono quando il carbone di terra formava i suoi letti orizzontali sugli strati raddrizzati del calcare di montagna e della vecchia arenaria rossa: variarono quando il lias e l'oolite si deponevano sugli strati del keuper e del calcare conchiglifero, o quando la creta si precipitava sui declivii della sabbia verde e del calcare iurassico. Chiamando ora con Elia di Beaumont *mare iurassico* e *mare cretaceo* le acque da cui l'oolite e la creta si sono separate producendo depositi fangosi, noi riconosciamo tosto che i limiti di quelle due formazioni indicano, per le epoche geologiche corrispondenti, la linea di separazione tra le terre già prosciugate e le acque dell'oceano ancora in via di costruire una parte solida della scorza terrestre. Si è avuto l'ingegnoso pensiero di delineare la carta di questa parte della geografia primitiva: carta più sicura forse che quella delle peregrinazioni d'Io o dell'omerica geografia. L'ultima rappresenta graficamente opinioni, mitici figuramenti; la prima fatti della scienza positiva delle formazioni.

Il risultamento delle investigazioni fatte al fine di determinare l'estensione della terraferma è il seguente: ne'tempi

più antichi, nei periodi delle siluriche e devoniche transizioni, e verso le prime formazioni secondarie, compresovi il trias, il suolo continentale circoscrivevasi ad isole distaccate, ricoperte di vegetabili; queste isole ne' periodi susseguenti sonosi le une alle altre annodate in guisa da produrre laghi numerosi e golfi profondamente stagliati; infine, quando le catene de' Pirenei, degli Apennini e dei Carpazii furono sollevate, quindi verso il tempo de' primi terreni terziarii, i grandi continenti apparvero quasi nella forma che hanno oggidì. Nel mondo silurico, ed all' epoca in cui regnarono le cicadee ed i sauri giganteschi, l' area dei terreni emersi fu certamente minore, da un polo all' altro, che non è in oggi nel mare del Mezzodì e nel mare indiano. Come questa preponderanza del liquido elemento congiuntamente ad altre cagioni contribuito abbia alla elevazione della temperatura e ad una maggiore regolarità nel clima, verrà più innanzi sviluppato. Qui vuolsi soltanto aggiungere alla considerazione del successivo aggrandirsi (agglutinazione) delle terre emerse, che breve tempo innanzi gli sconvolgimenti, i quali, per intervalli più o meno lunghi, addussero la distruzione repentina d' un sì gran numero di vertebrati giganteschi, una parte delle masse continentali presentava già gli scompartimenti attuali. Nell' America meridionale e nelle terre australi regna una grande rassomiglianza tra gli animali indigeni odierni e le specie estinte. Nella Nuova Olanda si scopersero fossili avanzi di cangurù, e nella Nuova Zelanda ossa mezzo fossili di un enorme uccello simile allo struzzo, il dinornis di Owen, affine all' apterice attuale, ma differente alquanto dal dronto (dodo) dell' isola Rodriguez, la cui specie è scomparsa assai tardi.

I nostri continenti deggiono forse per la massima parte la loro altezza sopra il livello generale delle acque ambienti all' eruzione del porfido quarzoso, la quale ha sì violentemen-

te sconvolto la prima grande flora terrestre, il materiale dei carboniferi terreni. Ciò che noi chiamiamo pianura dei continenti, altro non è che le spalle dilatate di colline e di montagne i cui piedi giacciono nel fondo del mare. Ogni pianura è per rispetto al suolo submarino un altopiano, le cui ineguaglianze vennero livellate dalle nuove sedimentarie formazioni in orizzontali strati disposte, poscia dai terreni d' alluvione ricoperte.

Fra le generali considerazioni proprie d' un quadro della natura, dee tenere il primo luogo la valutazione della quantità delle terre emerse e sollevate al di sopra del mare; poi viene l' esame della individua *configurazione* nella *dilatazione orizzontale* (forma articolata dei continenti), e nella *dilatazione verticale* (ipsometria delle catene di montagne). Il nostro pianeta ha inoltre due *involucri*: uno *generale*, l' atmosfera, composta di fluidi elastici; ed uno *particolare*, o locale, che circoscrive la terraferma e quindi ne determina la figura, vogliam dire il mare. Questi due involucri del nostro globo, l' aria e l' acqua, costituiscono un complesso naturale, che dispensa, alla superficie della terra, la varietà dei climi, secondo l' estensione relativa della terra e del mare, la forma articolata e l' orientazione dei continenti, l' altezza e la direzione delle catene di montagne. Da questa cognizione della reciproca azione dell' aria, del mare e della terraferma risulta che i grandi fonomeni meteorologici, disgiunti dalle geologiche dottrine, non potrebbero essere compresi. La meteorologia, come la geografia delle piante e degli animali, non hanno cominciato a fare effettivi progressi se non dal momento in cui si è positivamente riconosciuta una tale mutua dipendenza. La parola *clima* dinota bensì una costituzione speciale dell' atmosfera; ma questa costituzione è soggetta essa medesima alla perpetua influenza complessa del *mare*, solcato alla superficie e nelle sue profondità da correnti della più diversa

temperatura, e della *terraferma*, la cui superficie articolata, variata, colorata in mille guise, quando brulla, quando smaltata di zolle e di foreste, irradia il calorico con un' intensità non mai costante.

Nello stato attuale della superficie del nostro pianeta, l'area della terraferma sta in proporzione a quella del liquido elemento come 1 a 2 1/4 (secondo Rigaud come 100:270 (35). Le isole formano al presente appena 1/23 delle masse continentali; sono desse così inegualmente ripartite, che nell' emisfero boreale occupano tre volte più di superficie che nell' australe. Dal 40.° grado di latitudine sud fino all' antartico polo, la scorza terrestre è quasi interamente coperta d' acqua: l' emisfero australe è di tal modo essenzialmente oceanico. Il liquido elemento predomina ugualmente nello spazio compreso tra le coste orientali dell' Antico Continente e le occidentali del Nuovo Mondo; ivi non è interrotto che da rari arcipelaghi, e sotto i tropici esso regna sopra 145 gradi di longitudine; laonde il dotto idrografo Fleurieu diede giustamente a quell' ampio bacino il nome di *Grande Oceano*, per differenziarlo da tutti gli altri mari. L' emisfero australe e l' occidentale (occidentale contando qui dal meridiano di Teneriffa) sono le regioni più copiosamente provvedute d' acqua di tutta la terrestre superficie.

Questi sono i punti capitali d'aversi in mira riguardo alla relazione di quantità tra la superficie della terraferma e quella del mare; relazione che sì potentemente influisce sulla distribuzione della temperatura, le pressioni variabili dell' atmosfera, la direzione dei venti, lo stato d' umidità dell' aria, e quindi sulla forza della vegetazione. Ove si consideri che quasi 3/4 della superficie totale del globo (36), sono coperti d' acqua, si stupirà meno dell' imperfezione in cui è rimasta la meteorologia fino al principio di questo secolo, poichè allora soltanto si è cominciato a raccogliere e a discutere un nume-

ro considerevole di osservazioni esatte sulla temperatura del mare, a differenti latitudini e in differenti stagioni dell' anno.

L'orizzontale struttura della terraferma nelle sue generali relazioni di estensione fu già, nell'antichità, per parte dei filosofi greci soggetto d'ingegnose speculazioni. Cercavasi il termine massimo dell'estensione da ponente ad oriente, e Dicearco, per testimonianza di Agatemero, lo aveva trovato sotto la latitudine di Rodi, nella direzione dalle colonne di Ercole a Tine. Questa è la linea che appellasi il *parallelo del diaframma di Dicearco;* l'esattezza della sua posizione astronomica, posizione ch'io ho in un'altra opera discusso, può a buon diritto eccitare lo stupore (37). Guidato verosimilmente dalle idee d'Eratostene, Strabone sembra essersi mostrato sì convinto che questo parallelo di 36.°, come massimo termine d'estensione lineare nel mondo allora conosciuto, avesse un'intima relazione con la figura della terra, che la regione cui profeticamente annunciò, sotto quel grado appunto, nel nordico emisfero tra l'Iberia e le coste di Tine, ebbe a congetturare situata (38).

Se, come più sopra abbiamo osservato, l'estensione delle terre emerse è molto maggiore sopra uno degli emisferi che sull'opposto (e ciò ha luogo quando si divide il globo secondo l'equatore o secondo il meridiano di Teneriffa); le due grandi masse di terra, vere isole per ogni lato dall'oceano circondate, che le orientali e le occidentali terre, l'antico ed il nuovo continente chiamiamo, presentano ancora le più spiccate differenze, nella loro forma generale o più tosto nella direzione dei loro grandi assi, e contuttociò più di qualche analogia, particolarmente nella configurazione dei lati opposti. Il continente orientale è diretto in massa da levante a ponente (più esattamente dal S. O. al N. E.), mentre l'occidentale segue un meridiano, da mezzodì a settentrione (più esattamente dal S. S. O. al N. N. O.). I due continenti

sono a settentrione tagliati nella direzione d' un parallelo (quello di 70.°); al mezzodì, terminano entrambi in punta piramidale, con prolungamenti submarini, indicati dallo sporgere d' isole e di banchi; ciò dimostrano l' arcipelago di Tierra del Fuego, il banco Lagullas, al mezzodì del capo di Buona Speranza, la Terra di Van Diemen, separata dalla Nuova Olanda (Australia) per lo stretto di Bass. La plaga settentrionale dell' Asia oltrepassa il suddetto parallelo al capo Taimura (78.° 16′ secondo Krusenstern), mentre dalla foce del gran fiume Ciucoscia, fino allo stretto di Behring, il promontorio orientale dell' Asia non tocca più oltre 66.° 3′ (39). La spiaggia settentrionale del Nuovo Continente segue esattamente il parallelo di 70.°; poichè al mezzodì ed al settentrione dello stretto di Barrow, di Boothia Feliz e della Terra di Vittoria tutte le terre non sono che isole distaccate.

La forma piramidale delle estremità meridionali di tutti i continenti entra nella sfera di quelle *similitudines physicae in configuratione mundi*, alle quali Bacone Verulamio nel *Novum Organon* richiamò l' attenzione, e che uno dei compagni di Cook, Reinhold Forster, prese ad argomento d' ingegnose considerazioni. Se si va verso oriente, partendo dal meridiano di Teneriffa, si vedono le punte di tre continenti, quella dell' Africa (estremità di tutto l' antico mondo), quelle dell' Australia e dell' America meridionale, raccostarsi gradualmente al polo Sud. La nuova Zelanda, lunga ben 12 gradi di latitudine, forma un membro intermedio fra l' Australia e l' America del Mezzodì; essa termina ugualmente al sud con un' isola (New-Leinster). È cosa pur degna di nota che le proiezioni dei continenti verso il settentrione ed i loro prolungamenti verso il mezzodì sieno situati quasi sotto gli stessi meridiani. Ciò si chiarisce pel confronto del capo di Buona Speranza e del banco Lagullas col capo Nord, della penisola di Malacca col capo Taimura in Siberia (40). Se poi ambo i poli

dai continenti, o pure da un mare di Ghiaccio sieno abbracciati, noi non sappiamo. Al settentrione, non più in là di 82.° 55′ di latitudine, al mezzodì soltanto fino al parallelo di 78.° 10′ venne fatto di arrivare.

La forma piramidale nella quale si risolvono i grandi continenti, riproducesi di frequente anche in minori estensioni, non solamente nell' Oceano Indiano (penisola Arabica), Indostan e Malacca, ma eziandio, come già Eratostene e Polibio notarono, nel Mediterraneo, dove le penisole Iberica, Italica ed Ellenica, essi avevano sotto questo aspetto comparato (41). L' Europa stessa, con una superficie minore cinque volte di quella dell' Asia, non è se non se la penisola occidentale molto articolata della massa pressochè interamente compatta del continente asiatico; e ciò è sì vero che riguardo, al clima, l' Europa è per l' Asia quel che la penisola di Bretagna è pel resto della Francia (42). Come la snodatura d' un continente e la varietà delle sue forme influiscono ad un tempo sull' incivilimento e sulla totale cultura dei popoli che vi hanno stanza, così Strabone ebbe già ad esaltare, qual vantaggio capitale, « la forma svariata » della nostra piccola parte di mondo, l' Europa (43). L' Africa (44) e l' America meridionale, che presentano, sotto altri aspetti, tant' analogia nella loro configurazione, sono di tutti i grandi continenti quelli che hanno maggiore uniformità di coste. Ma la spiaggia orientale dell' Asia, sfracelata dalle correnti del mare (*fractas ex aequore terras*) (45), mostra la maggior varietà di forme: penisole ed isole vicine vi si alternano senza interruzione dall' equatore fino al 60.° grado di latitudine.

Il nostro oceano Atlantico porta tutte le tracce che caratterizzano la formazione d' una vallata. Egli è come se l' impeto delle acque siasi diretto prima verso settentrion-levante, poi verso settentrion-penente, poi ancora verso settentrion-levante. Il parallelismo delle coste situate al nord del

10.° grado di latitudine australe, gli angoli saglienti o gli angoli rientrati di terre opposte, la convessità del Brasile rivolta verso il golfo di Guinea, quella dell' Africa opposta al golfo delle Antille, parlano in favore d' un' asserzione, che può a primo aspetto sembrare arrischiata (46). Nell' atlantica vallata, come qnasi sempre nella configurazione dei grandi continenti, le spiagge frastagliate e guernite d' isole numerose sono opposte alle spiagge compatte. Da lunga pezza io ebbi ad avvertire di quanto momento sia per la geologica scienza la comparazione delle coste occidentali dell' Africa e dell' America del Mezzodì sotto i tropici. La curvatura in forma di golfo dell' africana piaggia a Fernando Po (4.° 1/2 di latitudine boreale), si ripete nella piaggia del mare di Mezzodì sotto 18 1/4 di latitudine australe colà nel punto dove (tra il Valle di Arica ed il Morro di Juan Diaz) le peruviane coste cangiano di balzo la loro direzione dal sud al nord in quella di settentrion-ponente. Questo mutamento di direzione si estende in egual modo alla catena delle Ande divisa, in quella regione, in due giogaie parallele; ne soltanto al ramo marittimo (47), ma eziandio alla Cordigliera orientale ch' è stata la sede della più antica civiltà dell' americano altopiano meridionale; e l' inflessione trovasi là dove il piccolo mare alpestre di Titicaca viene terminato dalle colossali montagne del Sorata e dell' Illimani. Più lungi verso il mezzodì, da Valdivia e Chiloe (40° a 42° di lat. sud), fino all' Arcipelago di Los Chonos, e di là fino alla Terra del Fuoco si ripete la particolare conformazione di *fiordi* (labirinto di stretti golfi che s' internano profondamente nella terra) che caratterizza nel nordico emisfero le occidentali coste della Norvegia e della Scozia.

Tali sono le considerazioni più generali che l' esame della superficie del nostro pianeta possa suggerire intorno la forma e l' estensione attuale dei continenti (in via orizzontale). Noi abbiamo raccolto i fatti, abbiamo posto in rilievo alcune

analogie di forme delle regioni lontane, ma non pretendiamo d'avere stabilito le leggi della forma generale della terraferma. Quando un viaggiatore, alle falde d'un vulcano ancora attivo, per esempio il Vesuvio, avverta ai non insoliti fenomeni di parziali sollevamenti, per cui certe piccole porzioni del suolo, prima d'un'eruzione o durante la stessa, rimangono nel loro livello alterate formando sporti simili ad una tettoia od eminenze stiacciate, non è tardo a riconoscere, come da insignificanti accidenti nell'intensità di forza dei sotterranei vapori e nella gagliardia dell'opposta resistenza debba dipendere, che le sollevate parti questa o quella forma, quella o questa direzione abbiamo ad assumere. Parimente, le più deboli perturbazioni nell'equilibrio delle forze nell'interno del nostro pianeta possono aver determinato le elastiche molle sollevanti a reagire più contro l'emisfero boreale che contro il meridionale, e, nei due emisferi orientale ed occidentale, a far emergere, in uno, un continente compatto il cui asse è quasi parallelo all'equatore, ed in un altro, sopra uno stesso meridiano, una stretta fascia di terre, per cui più della metà di quella parte del globo è abbandonata alle acque oceaniche.

Intorno la causa generatrice di tali grandi avvenimenti della formazione, dell'analogia e delle differenze nella configurazione dei continenti, non è dato in via empirica di scrutare profondamente. Ciò che noi sappiamo si riduce soltanto a questo: la causa operante essere sotterranea; i continenti non essersi formati d'un tratto quali sono oggidì, ma, come più sopra osservammo, dall'epoca silurica (nettunica separazione) fino agli strati terziarii, a traverso d'un lungo avvicendarsi di sollevamenti e d'avvallamenti del suolo, essersi a poco a poco aggranditi, pigliando incremento maggiore coll'agglutinazione di più piccoli continenti da prima isolati. La figura attuale è il prodotto di due cagioni che hanno operato l'una dopo

l'altra: la prima è una sotterranea reazione, la misura e la direzione della quale noi chiamiamo eventuali, perchè non sappiamo determinarle, perchè si sottragono pel nostro intelletto alla sfera dei fatti necessarii; la seconda comprende tutte le potenze che agiscono alla superficie, fra le quali le vulcaniche erruzioni, i terremoti, i sollevamenti di catene di montagne, le correnti del mare hanno avuto la parte principale. Quanto la temperatura attuale della terra, e con essa lo stato della vegetazione, dell' agricoltura e dell' umana società sarebbero stati differenti, se gli assi dell' Antico e del Nuovo Continente avessero ricevuto la medesima direzione; se la catena delle Ande, invece di disegnare un meridiano, fosse stata sollevata dall' oriente all' occaso; se alcuna terra tropicale (l'Africa) raggiato non avesse fortemente il calorico al mezzodì dell' Europa; se il Mediterraneo, il quale comunicava primitivamente col mare Caspio e col mar Rosso, e che divenne un sì essenziale veicolo di avanzamento della civiltà delle nazioni non avesse esistito, e surrogato lo avesse un suolo cosi elevato come le pianura della Lombardia o dell' antica Cirene!

I mutamenti sopravvenuti nei livelli rispettivi delle parti solide e liquide della crosta terrestre (mutamenti che hanno determinato l' emersione o l' immersione delle basse terre ed i contorni attuali dei continenti) deggiono attribuirsi a moltiplici cagioni che operarono a vicenda. Le più efficaci sono senza contrasto la forza degli elastici vapori rinchiusi nell' interno della terra; le repentine variazioni della temperatura di certi strati densi (48); il raffredamento secolare ed ineguale delle scorza e del nucleo del globo che produsse un increspamento della superficie solida; le modificazioni locali delle gravitazioni (49), e quindi i cangiamenti di curva in certe parti della superficie d' equilibrio del liquido elemento. Che l' emersione dei continenti sia dovuta ad un effettivo, o

non ad un apparente sollevamento, occasionato da una depressione reale del livello generale dei mari, è un fatto riconosciuto oggimai dai geologi, dietro una più ampia veduta, e che sembra accordarsi col risultamento delle osservazioni e coi fenomeni analoghi della vulcanica potenza: della quale veduta poi s'appartiene il merito a Leopoldo di Buch, che annunziolla per la prima volta nel memorabile suo *Viaggio in Norvegia ed in Svezia*, durante gli anni 1806 e 1807 (50). Mentre l'intera svedese e finlandica costa s'innalza progressivamente, in ragione di 1,3 metro per secolo, dal limite della Scania settentrionale (Sölvitsborgo), fino a Torneo, e da Torneo ad Abo, la Svezia meridionale, secondo Nilson, s'abbassa (51). Il massimo della sollevante forza sembra trovarsi nella Lapponia settentrionale; verso il mezzodì essa va scemando a poco a poco fino a Calmar e Sölvitsborgo. Le linee dell'antico livello a cui il mare arrivava innanzi ai tempi storici sono indicate in tutta la Norvegia (52), dal capo Lindesnäs fino all'estremità del capo Nord, da banchi composti di conchiglie identiche a quelle del mare attuale, e recentemente esse furono misurate da Bravis con somma cura durante il suo lungo svernamento a Bosekop. La loro altezza sopra il livello medio del mare è di 193 metri, e, secondo Keilhau ed Eugenio Robert, riappariscono sulle coste dello Spitzberg (al N. N. O.) rimpetto al capo Nord. Ma Leopoldo di Buch, il quale per primo indicò il banco di conchiglie di Tromsoe (lat. 69° 40′), ha mostrato che i più antichi sollevamenti nel mare del Nord appartengono ad un'altra classe di fenomeni di quello che sia il lento (non repentino od a balzi) emergere del litorale svedese nel golfo di Botnia. Non bisogna similmente confondere quest'ultimo fenomeno, accertato da sicure storiche testimonianze, coi cangiamenti che sopravvengono nel livello del suolo in seguito a terremoti (come sulle coste del Chilì e del Cutsch). Esso

ha dato motivo recentemente ai geologi di fare consimili osservazioni in altri paesi. Talvolta un avvallamento notabile occasionato dall'increspamento degli strati corrisponde ad un generale sollevamento; così nella Groenlandia occidentale (secondo Pingel e Graah), in Dalmazia e nella Scania.

Poichè probabilissima cosa è che i movimenti oscillatorii, i sollevamenti e gli avvallamenti della superficie, nelle prime età del nostro pianeta, sieno stati più intensi che oggidì, non dee recar stupore di trovare nell' interno stesso dei continenti depressioni locali e plaghe intere situate molto al di sotto del livello ovunque uguale dei mari presenti. Tali sono i laghi di natro, descritti dal generale Andréossy, i piccoli laghi amari nell'istmo di Suez, il mare Caspio, il lago di Tiberiade e sopra tutto il mare Morto (53). I livelli di questi due ultimi mari sono rispettivamente situati a 203 e 400 metri al di sotto di quello del Mediterraneo. Se fosse possibile di levar via d' un tratto di terreno d' alluvione che copre gli strati petrosi in un gran numero di contrade piane del globo, si renderebbe manifesto come molte parti della superficie terrestre anche adesso giacciano più profondamente che l' attuale livello del mare. Il periodico benchè irregolare sollevarsi ed abbassarsi del livello del mar Caspio, di cui vidi io stesso notevoli tracce nel suo bacino settentrionale, sembra dimostrare, (54) ugualmente che le osservazioni di Darwin nel Mare di Coralio (55), che il suolo della terra vada ancora soggetto a lente e progredienti oscillazioni, indipendenti da terremoti propriamente detti, abbastanza simili a quelle che dovettero prodursi quasi da per tutto nella crosta già solidificata, ma poco densa, dei tempi primitivi.

I fenomeni, sui quali abbiamo qui voluto fermare l' attenzione, avvertono come l' ordine attuale di cose sia lontano da una perfetta stabilità, e come nascano di continuo variazioni capaci di modificare coll' andar del tempo, i contorni e la con-

figurazione dei continenti. Ciò che per le più vicine generazioni è appena osservabile, s'accumula in periodi la cui lunghezza uguaglia quella che misura il moto dei più lontani corpi celesti. Da 8000 anni, la pioggia orientale della penisola scandinava si è forse elevata di oltre 100 metri; in 12000 anni, se questo movimento è uniforme, parti del fondo del mare vicine a quel litorale e coperte in oggi di 50 braccia d' acqua, cominceranno ad emergere e diverranno terraferma. Che cosa è però questo breve lasso di tempo a paragone di quei lunghi periodi geologici i quali ci mostrano intere serie di formazioni sovrapposte le une alle altre e sciami de' più multiformi organismi estinti? Poichè noi qui soltanto abbiamo considerato il fenomeno di sollevamento, così possiamo anche, appoggiati alle analogie dei fatti osservati, ammettere la possibilità in uguale misura di avvallamenti, di depressioni di continenti interi. L'altezza media della regione delle pianure in Francia non supera 156 metri; ora, col confronto dei grandi cangiamenti avvenuti fin dalle più antiche età geologiche nell'interno del nostro globo, non occorrerebbe un troppo lungo tempo perchè si operasse la sommersione d'una parte notabile del settentrione dell' Europa occidentale, e se non altro si modificasse essenzialmente la forma attuale delle sue coste.

Sollevamento, depressione della terraferma o delle acque, fenomeni nella loro reciproca azione così opposti che l'uno non può emergere senza l'abbassarsi apparente dell'altro, tali sono le cause di tutte le variazioni di forma dei continenti. In un quadro generale della natura, in una libera ed imparziale perscrutazione dei fenomeni naturali, dev' esser lecito di accordare almeno una menzione alla *possibilità* d' una depressione effettiva del livello dei mari, d' una diminuzione delle acque. Che all' epoca in cui la temperatura della superficie era più elevata, in cui le acque s' inghiottivano dentro di

squarciature più ampie, in cui l'atmosfera possedeva proprietà affatto diverse, sieno nate grandi variazioni nella quantità del liquido elemento e conseguentemente nel livello dei mari, ella è cosa fuori di qualunque dubbio. Ma nello stato attuale del nostro pianeta manca finora interamente la prova diretta, che la massa delle acque aumenti o diminuisca in effetto d'un modo progressivo; nè si ha tampoco la prova che l'altezza media del barometro, al livello del mare, cangi a poco a poco in un medesimo punto osservazione. Secondo gli esperimenti di Daussy e di Antonio Nobile, l'abbassamento del livello del mare sarebbe annunciato da un aumento corrispondente nell'altezza della colonna barometrica. Siccome però tale altezza non è identica sotto tutte le latitudini, e dipende da più cause meteorologiche, la direzione generale dei venti e lo stato d'umidità dell'aria, così il barometro solo non offre un indizio sicuro nelle variazioni del livello del mare. Se, in principio di questo secolo, si osservò che certi porti del Mediterraneo furono abbandonati dalle acque e lasciati a secco per molte ore, ciò non prova che la massa delle acque del mare abbia realmente diminuito, o che il livello generale dell'Oceano abbia subito una depressione, ma bensì, e non altro, che correnti marine *possono*, mutando di forza e direzione, occasionare un ritiro *locale* delle acque ed anche l'emersione permanente d'una piccola porzione del litorale. Per le cognizioni che in questi ultimi tempi abbiamo acquistato di sì complicati fenomeni, convien essere circospetti nella loro interpretazione, altrimenti è facile di attribuire ad un « antico elemento, » all'acqua, ciò che appartiene ad altri due, l'aria e la terra.

Nella stessa guisa che la forma pei continenti, che fin qui abbiamo considerato nella loro orizzontale dilatazione, esternamente articolata, com'è, vale a dire con numeroso frastaglio di coste, esercita una influenza salutare sul clima, sul commercio e sui progressi dell'incivilimento; del pari la configurazione

del suolo in via d'altezza, vale a dire l'articolazione interna delle grandi masse continentali, è, sotto gli stessi aspetti, d'un'importanza non minore. Tutto ciò che alla superficie della terra produce una varietà qualunque di forma (polimorfia), sia presso una catena di montagne, un altopiano, un gran lago, una steppa verdeggiante, sia pure presso un deserto listato, come da una piaggia, d'un lembo di foreste qualunque accidente del suolo insomma, imprime un carattere particolare alla vita sociale del popolo che lo abita. Certamente che un suolo rinchiuso fra ardui greppi coperti di neve, è d'impedimento ai traffichi, all'industria; ma s'egli è formato di basse pianure, frammiste di *catene di scontinue* e poco elevate (56), come nell'occidente ed al mezzodì dell'Europa si appresenta così felicemente, allora le influenze meteorologiche si moltiplicano, e, con esse, i prodotti del mondo vegetale. Non basta; siccome ogni contrad a esige allora una coltura diversa, anche a parità di latitudine, nascono bisogni che per appagarli stimolano l'attività delle popolazioni. Così gli spaventevoli sconvolgimenti, che in conseguenza d'una reazione dell'interno contro l'esterno mediante il repentino raddrizzarsi d'una parte della crosta terrestre occasionarono l'emersione di potenti catene di montagne, hanno preparato il campo in cui le forze dell'organica vita dovevano riscuotersi dal sonno, dopo il ritorno della calma, e rimettersi all'opera per isviluppare la profusione delle forme individuali sovra ambo gli emisferi, dai quali disparve quella uniformità selvaggia che avrebbe impoverito la fisica ed intellettuale energia della specie umana.

Secondo le grandi vedute di Elia di Beaumont si può a ciascun sistema di montagne assegnare un'età relativa, in quanto che l'epoca del sollevamento d'una montagna è necessariamente compresa tra l'epoca della formazione degli strati rilevanti, e quella del deposito degli strati che si stendono

orizzontalmente fino al piede della montagna (57). Gli affaldamenti della scorza terrestre (raddrizzamento degli strati), che sono d'una medesima età geologica, sembrano seguire una direzione comune. La linea culminante dei rilevati strati non è sempre parallela all'asse della catena di montagne (58), ma taglia qualche volta cotesto asse; tanto che allora, a parer mio, il fenomeno del raddrizzamento degli strati, che trovasi ripetuto nelle pianure vicine, dev'essere più antico del sollevamento della catena. La direzione principale del continente europeo (dal S. O. al N. E.) è apposta a quella delle grandi spaccature (dal N. O. al S. E.); le quali partono dalle bocche del Reno e dell'Elba, traversano il mare Adriatico, il mar Rosso, il sistema di montagne di Putschi-Koh nel Luristan, e mettono capo al golfo Persico ed all'Oceano Indiano. Un tale sistema di linee geodesiche quasi rettangolari ha esercitato una potente influenza sulle relazioni commerciali dell'Europa con l'Asia e col nord dell'Africa occidentale, come pure sul progresso dell'incivilimento alle spiagge altra volta più felici del Mediterraneo (59).

Se le potenti ed elevate catene delle montagne quali testimoni di grandi rivoluzioni del globo, quai limiti dei climi, quali punti di partizione delle acque e quali sedi di una vegetazione particolare, colpiscono la nostra imaginativa; egli è però più necessario di mostrare, mediante un'esatta valutazione numerica del loro volume, quanto un tal volume sia debole allorchè si paragona a quello dei continenti od anche all'estensione delle contrade vicine. La massa de' Pirenei, p. e., di cui si è misurata con grande precisione l'altezza media e la base, ove fosse uniformemente sparsa sulla superficie della Francia, il suolo non ne verrebbe alzato più di 30 metri. Del pari, la massa della catena delle Alpi aumenterebbe solo d'un 3 metri l'altezza della superficie di Europa. Mediante un lavoro faticoso (60), il quale però di sua natura non poteva con-

durre se non ad un limite superiore vale a dire ad un numero troppo debole forse, ma non troppo forte, io ho trovato che il *punto centrale di gravità* della terraferma è posto, per l'Europa e per l'America settentrionale, a 204 ed a 228 metri sopra il livello attuale dei mari; a 355 ed a 351 metri per l'America del Mezzodì. Queste valutazioni dimostrano la bassura relativa delle nordiche regioni; la debole altezza delle steppe di Siberia viene compensata dall'enorme rigonfiamento del suolo compreso tra i paralleli di 28° 1/2 e di 40°, tra l'Imalaia, il Kuen-lun del Tibet settentrionale e le Montagne Celesti. Si può leggere fino ad un certo punto nei numeri che ho trovati in quali luoghi della superficie le forze plutoniche abbiano agito con maggiore gagliardia per sollevare le grandi masse continentali.

Nulla può darci la sicurezza che quelle forze plutoniche non abbiano ad aggiungere nel corso dei secoli avvenire, nuovi sistemi di montagne a quelli ch' esse hanno già prodotti, e di cui Elia di Beaumont ha determinato le età relative e le diverse direzioni. Quale causa infatti avrebbe fatto perdere alla scorza terrestre la proprietà di *raggrinzarsi* sotto l'influenza delle azioni sotterranee? Dal momento che ne' sistemi delle Alpi e delle Ande, quasi ultimamente emersi, si sono sollevati quei colossi del Monte Bianco e del Monte Rosa, del Sorata, dell'Illimani e del Cimborazo, non si può ammettere un decremento d'intensità nelle suddette potenze. Tutti i fenomeni geognostici mostrano una periodica alternativa d'attività e di riposo (61). Il riposo di cui godiamo non è che apparente. I terremoti, che scuotono la superficie sotto qualunque zona, qualsiasi il terreno, la sollevantesi Svezia, l'apparizione di nuove isole d'eruzione, sono altrettante prove contrarie ad una tranquillità definitiva dell'interna azione del nostro pianeta.

I due involucri della solida superficie del nostro globo, il

liquido ed il gasoso presentano ad un tempo discrepanze ed analogie: le discrepanze nascono dalla differenza esistente tra i gas ed i liquidi, per riguardo alla elasticità ed al modo di aggregazione delle loro molecole; le analogie derivano dalla mobilità comune a tutte le parti dei fluidi e dei liquidi, e conseguentemente si manifestano soprattutto nelle correnti e nella propagazione del calore. La profondità del mare e quella dell' oceano aereo ci sono ugualmente sconosciute. Nei mari dei tropici ad una profondità di 8220 metri (circa 2 leghe postali) non si rinvenne ancora alcun fondo; e se, come opinava Wollaston, l' atmosfera si arrestasse ad un limite netto, simile alla superficie ondulata del mare, la teoria del fenomeno crepuscolare lascerebbe inferire una profondità almeno nove volte maggiore per l' oceano aereo. Posa questo in parte sulla terraferma di cui le montagne e gli altipiani coronati di foreste sorgono come tanti bassi fondi; in parte sul mare che porta gli strati aerei più bassi e più pregni d' umidità.

Dal limite comune di questi due oceani partendo, sia che si asconda negli strati aerei, sia che si discenda negli acquosi la temperatura decresce secondo leggi determinate; ma il decremento del calore è assai più lento nell' atmosfera che nel mare. Dappoichè ogni molecola d' acqua che si raffredda diventa più densa e discende tosto, ne risulta che il mare, sotto tutte le zone, tende a porre in equilibrio la propria superficie con quella degli strati d' aria vicini. Una lunga serie d' osservazioni termometriche assai esatte ha dimostrato, che nel consueto e *medio* stato della sua superficie, il mare, dell' equatore fino al 48.° grado di latitudine boreale ed australe, ha una temperatura alquanto superiore a quella dell' atmosfera (62). Siccome poi la temperatura decresce con la profondità, possono i pesci e gli altri abitatori del mare, i quali amano le acque profonde, a motivo forse della loro respirazione

branchiale e cutanea, trovare fin sotto i tropici le basse temperature e i freschi climi delle zone temperate od anche delle regioni fredde. Questa circostanza influisce essenzialmente sulla migrazione e la geografica distribuzione d' un gran numero d'animali marini. La profondità, nella quale i pesci vivono, modifica la loro respirazione cutanea in ragione dell' accrescimento di pressione, e l'intrinseca entità dei gas ossigeno ed azoto della vescica natatoria.

Sendo che l' acqua dolce e la salsa non toccano il punto massimo della loro densità alla stessa temperatura, e che la salsedine dei mari abbassa il grado termometro corrispondente a tale punto, è chiaro come l'acqua attinta a grandi profondità, nei viaggi di Kotzebue e Dupetit-Thouars, accusato non abbia al termometro se non 2°, 8°, e 2°, 5. Questa gelida temperatura domina pure negli abissi dei mari tropicali, ed ha primamente fatto conoscere le correnti inferiori, che si dirigono dai due poli verso l' equatore Ed infatti se questa corrente submarina non esistesse, il calore degli strati profondi non si abbasserebbe mai al disotto del minimo della temperatura degli strati aerei che posano immediatamente sulla superficie del mare. Il Mediterraneo non presenta, in verità, una diminuzione considerevole di calore ne' suoi strati profondi; ma ciò solo perchè, come Arago sagacemente osservò, allo stretto di Gibilterra, ove le acque dell' Oceano Atlantico penetrano producendo una corrente superficiale diretta da ponente e levante, una corrente contraria stravasa le acque del Mediterraneo nel Grande Oceano, e si oppone all' introduzione della corrente polare inferiore.

L'involucro liquido del nostro pianeta, colà dove non è da correnti di fredde o calde acque solcato, lontano dalle coste nella zona tropicale è particolarmente tra il 10° di latitudine boreale a 10° australe, mostra, per un tratto di migliaia di miriametri quadrati, una mirabile uniformità e costanza di tem-

peratura (63). Si è da ciò argomentato a buon diritto (64), che un' esatta e lungo tempo continuata perscrutazione di questa termica relazione dei mari tropicali ci potrebbe istruire nella più semplice guisa intorno al sì spesso agitato grande problema della invariabilità dei climi e del terrestre calore (65). Se qualche grande rivoluzione sopravvenisse al disco solare, la quale fosse d'una considerevole durata, essa rifletterebbesi nelle variazioni del calore medio del mare, più certamente ancora, che in quella delle temperature medie della terraferma. La zona in cui le acque del mare toccano il massimo di densità (di salsedine), non coincide nè con quella del massimo di temperatura, nè coll' equatore geografico. Le acque più calde sembrano formare, al settentrione ed al mezzodì di questa linea, due fascie non parallele. Nel suo viaggio intorno al globo, Lenz ha trovato che le acque più dense erano, in calma di mare, a 22° di latitudine nord ed a 17° di latitudine sud; la zona delle acque meno salse giaceva ad alcuni gradi al mezzodì dell' equatore. Nella regione delle calme, il calore solare non produce che una fiacca evaporazione, perchè gli strati d'aria satura d'umidità, che posano sulla superficie del mare, sono di rado rinovati dai venti.

La superficie di tutti i mari, che comunicano fra loro, deve in generale essere considerata per riguardo alla loro altezza media come in perfetto livello. Locali cause però (probabilmente venti dominanti e correntie) hanno prodotto in certi golfi profondi, per esempio nel Mar Rosso, differenze di livello permanenti, sebbene di piccola entità. All' istmo di Suez l' altezza dell' acqua supera quella del Mediterraneo di 8 in 10 metri, secondo le diverse ore del giorno. Questo notabile permanente alzamento, già conosciuto nell' antichità, sembra dipendere dalla forma del canale (Bab-el-Mandeb), pel quale le acque dell'Oceano Indiano penetrano nel bacino del Mar Rosso più facilmente di quello che possono uscirne (66). Le eccellenti,

geodesiche operazioni di Coraboeuf e di Delcros mostrano, che da un capo all'altro della catena de' Pirenei, come da Marsiglia alle coste dell' Olanda settentrionale, non esiste alcuna osservabile differenza tra il livello del Mediterraneo e quello dell' Oceano (67).

Le perturbazioni dell' equilibrio delle acque, ed i movimenti che ne risultano, sono parte irregolari ed accidentali come i venti da cui dipendono: producono onde la cui altezza, in pieno mare, e durante la tempesta, può giungere ad 11 metri; parte regolari e periodiche, causate dalla posizione e dall' attrazione del sole e della luna (flusso e riflusso): parte permanenti e variabili solo quanto all' intensità, come le correnti pelagiche. Il fenomeno del flusso e riflusso ha luogo su tutti i mari (eccettuati i piccoli e molto ristretti, dove l' onda prodotta dal flusso è debolissima od anche non sensibile): esso spiegasi perfettamente mercè la teoria newtoniana; « ei vi si trova ricondotto nella sfera dei fatti necessarii. » Ciascuna di tali periodiche oscillazioni delle acque dell' Oceano dura un po' più d' un mezzo giorno; la loro altezza in pieno mare è appena d' alcuni piedi, ma per effetto della configurazione delle coste, che si oppongono al movimento progressivo del flutto, tale altezza può andare a 16 metri a S. Malo, a 21 ed anche a 23 metri sulle coste dell'Acadia. » Trascurando la profondità dell' Oceano, come insensibile per rispetto al diametro della terra, l'analisi dell' illustre Laplace ha mostrato, che la *stabilità* dell' equilibrio dei mari esige, per la massa liquida, una densità inferiore alla densità media della terra. Infatti, quest' ultima densità è, come abbiamo già veduto, cinque volte più grande di quella dell' acqua. Le alte terre non possono dunque mai essere inondate dal mare, e gli avanzi d' animali marini, che s' incontrano sulla sommità delle montagne, non furono colà trasportati da *maree* un giorno più alte delle *maree* attuali (68). » Non

è piccolo vanto dell' analisi, cui certi cotali affettano di spregiare, quello di potere oggidì, mercè la teoria completa di Laplace, pronunziare nelle effemeridi astronomiche l' altezza delle maree, che deggiono avvenire ad ogni nuova o piena luna, e di rendere così avvertiti gli abitatori delle coste dei pericoli che possono correre a quel tempo.

Le *correnti oceaniche*, le quali esercitano una sì potente influenza sui traffichi delle nazioni e sulle climateriche vicende dei paesi di costiera, dipendono dal concorso pressochè simultaneo d' un gran numero di cagioni più o meno importanti. Si può annoverare tra queste cause: la propagazione successiva della marea nel suo movimento intorno al globo; la durata e l' intensità dei venti dominanti; le variazioni che la gravità specifica delle acque del mare prova secondo la latitudine, la profondità, la temperatura ed il grado di salsedine (69); le variazioni *orarie* della pressione dell' atmosfera, variazioni sì regolari sotto i tropici e propagantisi successivamente da levante a ponente. Le correnti prestano il singolare spettacolo d'avere una larghezza determinata, e di traversare in diverse direzioni il mare a guisa di fiumi, mentre i vicini strati d' acqua restano immobili come sponde. Questo contrasto di mobilità e di quiete è tanto più apparente, quando lunghi strascichi di fuchi permettono di valutarne la celerità. Negli strati inferiori dell' atmosfera si scorgono, in tempo di procella, analoghi fenomeni di correnti isolate d' aria; le quali passando per una densa foresta, atterrano soltanto gli alberi della stretta zona cui percorrono.

Il movimento generale dei mari fra i tropici da oriente in occidente (detto corrente *equatoriale* o corrente di *erotazione*), si considera qual conseguenza del corso progressivo delle maree e dei venti monsoni. La sua direzione varia a motivo della resistenza che gli oppongono le coste orientali dei continenti. Fondandosi sul cammino di bottiglie a bella posta

gittate da' viaggiatori e da lui poscia raccolte, Daussy ha recentemente determinato la velocità di tale corrente; il suo risultamento s' accorda, a 1/18 circa, con quello ch' io avevo dedotto da sperienze anteriori (10 miglia francesi marittime di 1856 metri, per 24 ore) (70). Già nel diario del suo terzo viaggio (il primo in cui abbia tentato di arrivare alle regioni tropicali pel meridiano delle Canarie) Cristoforo Colombo ebbe a dire (71): « Io tengo per fermo che le acque del mare si muovono come il cielo dall'oriente all'occaso (*los aguas van con los cielos*) », vale a dire secondo l'apparente movimento diurno del Sole, della Luna e di tutti gli astri.

Le strette correnti sono oceanici fiumi, i quali solcano il mare, e portano le acque calde verso le alte latitudini, e le fredde alle basse. Appartiene alla prima categoria la famosa atlantica corrente Gulf-Stream (72), già riconosciuta nel XVI.° secolo da Anghiera (73), e particolarmente da sir Humfrey Gilbert. L'origine e le prime mosse di questa corrente sono da cercarsi al mezzodì del Capo di Buona Speranza; di là penetra nel mare delle Antille, percorre il golfo del Messico, sbocca per lo stretto di Bahama; poi, dirigendosi dal S. S. O. al N. N. E., s' allontana sempre più dal litorale degli Stati Uniti, si piega verso levante al banco di Terra Nuova e si getta sulle coste dell' Irlanda, delle Ebridi e della Norvegia, ove porta sementi tropicali (*Mimosa scandens, Guilandina bonduc, Dolichos urens*). Il suo prolungamento del N. E. giova a minorare il freddo delle acque del mare, ed è benefico al clima stesso del promontorio settentrionale della Scandinavia. Dove la calda Gulf-Stream si torce dal banco di Terranova verso levante, manda poco lungi dalle Azzore un secondo ramo verso il Mezzodì (74). Colà si trova il *mare Sargasso*, immenso banco formato di piante marine (*fucus natans*, una delle più diffuse tra le piante sociali dell' Oceano), da cui l' imaginazione di Cristoforo Colombo rimase sì vivamente scossa, e che Oviedo chiama

praderias de yerva. Un numero infinito di animaluncoli marini abitano quelle masse sempre verdeggianti, trasportate qua e là dalle tepide brezze.

Riscontro a questa corrente, che appartiene quasi per intero alla parte settentrionale del bacino dell' Atlantico tra Africa, America ed Europa, forma un' altra corrente nel mare del Sud, la cui bassa temperatura, che influisce notabilmente sul clima del litorale, riconobbi io la prima volta in autunno 1802. Essa porta le fredde acque dalle alte latitudini australi verso le coste del Chilì, fiancheggia tali coste e quelle del Perù dirigendosi primamente da mezzodì a tramontana, poi (dalla baia d' Arica) da S. S. E. verso N. N. O. Fra i tropici, la temperatura di questa fredda corrente oceanica non è che di 15°, 6 (12° 1/2 R.) in certe stagioni dell' anno, mentre quella delle tranquille acque vicine ascende a 27°, 5 anche a 28°, 7 (22-23° R.). Dove il litorale dell' America meridionale, al sud di Payta, fa sporto verso ponente, la corrente si curva di balzo secondando la medesima costa, e se ne rimuove andando da levante all' occaso; così che, navigando più oltre verso settentrione, si entra bruscamente dall' acqua fredda nella calda.

Ignorasi fino a qual profondità le oceaniche correnti calda e fredda penetrino nel mare. La deviazion della corrente dell' africana costa meridionale a traverso il banco di Lagullac profondo ben da 70 in 80 braccia, sembra provare un propagarsi del movimento fino là sotto. Banchi di sabbie e bassi fondi, situati fuori delle correnti, sono il più delle volte, grazie alla scoperta del degno Franklin, riconoscibili mediante la bassa temperatura delle acque che loro soprastanno. Un tale fenomeno, da cui si può trar profitto per rendere la navigazione più sicura, sembrami derivare da questo, che le acque profonde strascinate dal movimento generale dei mari, si sollevano ai margini dei banchi e si frammischiano alle acque superiori. L' immortale

mio amico, sir Humphry Davy, attribuisce per lo contrario il fenomeno al calar giù che fanno le molecole d'acqua raffreddate durante la notte alla superficie; esse rimangono più vicine alla superficie, perchè i banchi di sabbia impediscono loro di scendere a profondità maggiori. Il termometro è la mercè di Franklin trasformato così in iscandaglio. Sopra i bassi fondi s'alzano nebbie di frequente, perchè le loro fredde acque fanno precipitare i vapori dell'atmosfera. Tali nebbie ho io veduto, al mezzodì della Giammaica ed anche nel mar del Sud, simulare spiccatamente i contorni dei banchi e farsi raffigurare in lontano. Esse presentasi all'occhio come tante imagini aeree in cui si riverberano le forme del suolo submarino. Un effetto ancora più singolare delle fredde acque dei bassi fondi è questo, che esse, quasi come le isole piatte di corallo e di sabbia, esercitano sulle alte regioni dell'atmosfera una ragguardevole influenza. Lontano da tutte le coste, si vodono spesso, in alto mare, per l'aere più sereno, nuvole corcarsi sopra punti ove giacciono i bassi fondi. Puossi allora rilevare con la bussola la direzione di tali punti, come si farebbe d'un alta montagna o d'un isolato picco.

Esteriormente meno ricco di forme della superficie dei continenti, racchiude ne' suoi più profondi gorghi un'esuberanza di organiche vite di cui forse l'uguale non presenta nessun'altra regione della terra. A buon diritto osserva Carlo Darwin, nel dilettevole diario del grande suo marittimo viaggio, che le nostre foreste non albergano tanti animali quanti le selvose regioni dell'Oceano, poichè ivi hanno radice sui bassi fondi immensi boschi d'erbe e d'arbusti, ivi liberamente vagano sterminate masse di fuchi, cui la sferza dei flutti e l'impeto delle correnti hanno schiantati, e che mostrano a gala i delicati ramuscelli sollevati dalle loro celette gonfiate d'aria. Mediante poi l'applicazione del microscopio, cresce a cento doppii lo stupore, l'ammirazione della vitalità diffusa per ogni

parte dell' Oceano. A profondità, che oltrepassano l' altezza delle nostre più eccelse catene di montagne, ogni strato d' acqua brulica di vermi poligastrici, di ciclidii e d' ofridini. Là formicolano gli animalucoli fosforescenti, i mammarii dell' ordine degli acalefi, i crostacei, i peridinii e le nereidi circolanti, di cui gl' innumerevoli sciami attratti vengono alla superficie da certe circostanze meteorollogiche, e trasformano allora ogni onda in una schiuma luminosa. La sovrabbondanza di questi piccoli esseri viventi e della materia animale che risulta dalla loro rapida dissoluzione è sì enorme che l' acqua marina diventa un vero liquido nutritivo per animali molto più grandi.

Ancorchè questa profusione di forme animate, questa infinità di esseri microscopici d' inferiore ma non meno dilicato organismo, occupi piacevolmente la fantasia, essa fa nascere emozioni più gravi, oso dire più solenni per l' immensità del quadro che si svolge agli occhi del navigatore. Quegli che ama creare in sè stesso un mondo a parte dove possa esercitare a sua posta l' attività del proprio spirito, sentesi ripieno dell' idea sublime dell' infinito, all' aspetto del libero, aperto mare. Il suo sguardo cerca avidamente il lontano orizzonte, dove il cielo e l' acqua sembrano unirsi in un contorno vaporoso, dove gli astri sorgono e spariscono a vicenda. Ma in breve questa eterna vicissitudine di cose risveglia nell' animo quel vago sentimento di tristezza che suol essere indivisibile compagno di tutte le gioie umane.

Una particolare predilezione pel mare, una riconoscente rimembranza delle impressioni, che il mobile elemento, in riposo, nel seno della notturna calma, o succitato in lotta contro le forze della natura, ha su di me prodotte, nelle regioni tropicali, hanno sole potuto indurmi a questo cenno degl' individuali godimenti della contemplazione rimpetto alla benefica influenza che il contatto del mare ha indubbiamente eser-

citato e può esercitare sui progressi intellettuali e sul carattere morale d'un gran numero di popoli, sulla moltiplicazione dei vincoli, che debbono stringere un giorno tutta l'umana famiglia, sulla possibilità di giungere alla conoscenza compiuta della superficie del nostro pianeta, finalmente sul perfezionamento dell' astronomia e di tutte le matematiche e fisiche discipline. Una parte di questa influenza era in origine circoscritta al Mediterraneo ed alle spiagge occidentali dell' Asia meridionale ; ma dal XVI.° secolo si è grandemente dilatata ed estesa a popoli che vivono lungi dal mare, nell' interno dei continenti. Dal momento che Colombo (76) « fu inviato per liberare l' Oceano dalle sue catene » (così gridavagli in sogno, nella sua malattia alle sponde del fiume Belem, una incognita voce), l'uomo si è con pronto e libero animo commesso a regioni sconosciute.

Il secondo, e veramente esteriore ed universale involucro del nostro pianeta, l' *oceano aereo*, di cui noi abitiamo i bassi fondi (altipiani e montagne), presenta sei classi di naturali fenomeni, tutti strettamente legati da una mutua dipendenza, e derivanti dalla costituzione chimica dell' aria, dalle variazioni che sopravvengono nella sua diafaneità, nella sua colorazione, nel modo onde polarizza la luce, dai mutamenti di densità o di pressione, di temperatura, di umidore e di elettrica tensione. Contiene l' aria il primo elemento della vita animale, l' ossigeno; essa possiede un altro attributo non meno elevato; è il veicolo del suono, e quindi è, pei popoli, il veicolo del linguaggio, delle idee, delle relazioni sociali. Se il globo terrestre fosse sprovveduto d' atmosfera, come il nostro satellite, la Luna, non sarebbe che un deserto, il regno del silenzio.

La proporzione degli elementi che formano gli strati d' aria a noi accessibili, è stata dal principio del XIX.° secolo in poi un soggetto di ricerche alle quali Gay-Lussac ed io ab-

biamo preso una parte attiva. L'analisi chimica dell'atmosfera è pervenuta, in questi ultimi tempi, ad un alto grado di perfezione la mercè degli eccellenti lavori che Dumas e Boussingault hanno eseguito con nuovi metodi più esatti. Giusta queste analisi, l'aria secca contiene, in volume, 20, 8 d'ossigeno e 79, 2 d'azoto; contiene inoltre da 2 a 5 dieci millesime parti d'acido carbonico, una quantità ancora minore di gas idrogeno (76), e, giusta le importanti investigazioni di Saussure e di Liebig, alcune tracce di vapori ammoniacali (77), che somministrano alle piante l'azoto ch' esse contengono. Che la proporzione d'ossigeno sia alquanto variabile secondo le stagioni, o secondo che aria sta localmente raccolta nell'interno dei continenti e al disopra del mare, è cosa, per alcune osservazioni di Lewis, non improbabile. Si comprende che, se l'immensa quantità di microscopici organismi animali cui il mare nutrisce può far viare la proporzione dell'ossigeno disciolto nell'acqua, debba risultarne una variazione corrispondente negli strati d'aria, che posano vicini alla superfizie (78). L'aria raccolta da Martins sul Faulhorn, a 2765 metri d'altezza, non era men ricca d'ossigeno dell'aria di Parigi (79).

Il mescolamento del carbonato d'ammoniaca nell'atmosfera è probabilmente anteriore all'apparizione dell'organica vita sulla superficie della terra. Le sorgenti donde l'acido carbonico si stravasa nell'atmosfera sono per così dire infinite (80). Indichiamo qui primamente la respirazione degli animali, i quali aspirano il carbonio dalle sostanze vegetali di cui si nutrono, mentre i vegetabili lo attingono nell'atmosfera; l'interno della terra nelle regioni ove si trovano vulcani estinti e sorgenti termali; la decomposizione d'una certa quantità d'idrogeno carbonato nell'atmosfera mediante le scariche elettriche delle nubi, sì frequenti sotto i tropici. Oltre le sostanze che abbiamo indicate come costituenti la com-

posizione normale dell'aria a tutte le accessibili altezze, altre se ne trovano ancora accidentali, particolarmente vicine al suolo, siccome miasmi ed emanazioni pestilenziali. La chimica loro natura non ci è ancora nota per un'analisi immediata; considerando però i fenomeni di decomposizione che perpetuamente avvengono delle materie animali e vegetali di cui è coperta la superficie del nostro pianeta, come pure avvisando alle combinazioni ed analogie desunte dalla patologia, possiamo sempre mai ritenere per indubbia l'esistenza di tali perniciosi principii in date località. Certi ammoniacali ed altri mefitici vapori, l'idrogeno solforato, ed anche composti analoghi alle combinazioni a basi multiple (ternarii e quaternarii) del regno vegetale (81), possono formar miasmi, i quali sotto varie sembianze generano febbri terzane ed anche il tifo (e tutto ciò indipendentemente dalle contrade maremmose o dalle spiagge del mare coperte di molluschi putrefatti o di macchioni di *rhizophora mangle* e d'*avicennie*). Certe nebbie, le quali spandono un odore particolare ci porgono in certe stagioni un'idea dei miscugli, che possono operarsi accidentalmente nelle regioni inferiori dell'atmosfera. Oltre ciò, venti e correntie d'aria che nascono dal riscaldamento del suolo, sollevano solide sostanze ridotte in fina polvere a considerevoli altezze. Tal è la polvere che casca verso le isole del capo Verde, oscurando l'aere per ampii tratti, sulla quale Darvin richiamò giustamente l'attenzione, e che Ehrenberg scoperse contenere un infinito numero d'infusorii a corsaletto silicioso.

Come tratti principali d'un quadro generale della natura, per ciò che riguarda l'atmosfera, avremo da distinguere: 1.°) nelle *variazioni della pressione atmosferica*, le regolari orarie oscillazioni del barometro, specie d'atmosferica marea, che non può essere attribuita all'attrazione della luna (82), e che è molto variabile secondo la latitudine geografica, le sta-

gioni e l'altezza del luogo dell'osservazione sopra il livello del mare; 2.° nella *distribuzione de' climi e del calore*, l'azione della posizione relativa delle masse diafane e delle opache (fluide e solide parti superficiali), come della ipsometrica configurazione dei continenti, relazioni le quali determinano la geografica posizione e la curva delle linee isoterme (curve di eguale media annuale temperatura) nella direzione orizzontale o verticale, sopra una medesima superficie di livello e nella serie degli strati sovrapposti; 3.°) nella *distribuzione dell' umidità*, la valutazione delle proporzioni quantitative secondo la diversità che esiste tra la superficie delle terre e quella dell' oceano, la distanza dall' equatore e dal livello del mare, le forme che il vapore d' acqua assume precipitandosi, e la connessità di tale precipitarsi con le variazioni della temperatura, della direzione e dell' ordine di successione dei venti; 4,°) nelle *relazioni dell' elettricità dell' atmosfera*, la cui origine per un cielo sereno è ancora molto controversa, il legame degli ascendenti vapori coll' elettrica tensione e con la forma delle nubi, valutata l' influenza dei giorni e delle stagioni, le calde e le fredde zone terrestri, le basse pianure e gli alti piani; la frequenza o rarezza delle tempeste; la loro periodicità e formazione in estate od in inverno; la connessione dell' elettricità con la grandine notturna e con le trombe turbinose d' acqua o di sabbia) sulle quali Peltier ha fatto sì ingegnose investigazioni.

Le variazioni orarie del barometro sotto i tropici, le quali presentano due termini massimi (alle nove o nove ed un quarto del mattino, ed alle dieci e mezza o dieci e tre quarti della sera) e due minimi (verso le quattro o quattro ed un quarto dopo mezzodì ed alle quattro del mattino) vale a dire quasi nell' ora più calda e nell' ora più fredda della giornata, furono per me lungo soggetto delle più accurate, diurne e notturne osservazioni (83). La regolarità loro è tale, che

si può, particolarmente di giorno, determinare l' ora secondo l' altezza della barometrica colonna, senza sbagliare all' indigrosso di un 15 in 17 minuti. Nelle calde regioni del litorale del Nuovo Continente, come all' altezza di più che 4000 metri in cui la temperatura media discende e 7°, io ho osservato una tale regolarità non essere turbata nè da tempeste di sorte, nè dai venti, nè dalle pioggie, nè dai terremoti. L' amplitudine delle diurne oscillazione decresce da 2,98 a 0,41 millimetri, dall' equatore fino al 70° di latutudine nord, sotto il quale Bravias ha fatto una serie d' osservazioni molto esatte (84). Che assai più vicino al polo l' altezza media del barometro sia più debole alle dieci del mattino, che verso le quattro della sera, così che sarebbe in que' climi una vera inversione delle ore del massimo e del minimo, è, per le osservazioni di Parry, al porto Bowen (73° 14′), cosa non sostenibile per nessun conto.

L' altezza media del barometro, è a cagione delle correnti ascendenti dell' atmosfera, sotto l' equatore e generalmente sotto i tropici, alquanto minore (85), che nelle zone temperate; sembra toccare il massimo nell' Europa occidentale tra i paralleli di 40° e di 45°. Se col metodo di Kāmtz (modo di grafica rappresentazione da lui proposto per lo studio della distribuzione di tali fenomeni alla superficie del globo) si uniscono, per mezzo di curve, que' luoghi in cui le differenze medie tra le estreme altezze *mensuali* del barometro sono uguali, si avranno le linee *isobarometriche*, di cui la posizione geografica e le curvature conducono ad importanti risulamenti per lo stubio dell' influenza che la configurazione delle terre e l' estensione dei mari esercitano sulle oscillazioni dell' atmosfera. L' Indostan con le sue alte catene di montagne e la sua triangolare penisola, le coste orientali del Nuovo Continente verso il punto dove le calde acque della Gulf-Stream si dirigono ad Oriente presso Terra Nuova,

presentano oscillazioni isobarometiche più considerevoli che le Antille e l'Europpa occidentale. I venti predominanti sono la causa principale determinante la diminuzione della pressione atmosferica, e, come di sopra abbiamo ricordato, secondo Daussy, dovunque tale pressione diminuisce l'altezza media del mare aumenta nella stessa proporzione (86).

Dappoichè le variazioni che si riproducono regolarmente, per periodi orarii od annuali, nella pressione atmosferica, i cangiamenti bruschi e sovente pericolosi (87), che sopravvengono accidentalmente in tale pressione, ed in generale, i fenomeni tutti chiamati meteorologici il cui complesso costituisce lo stato del cielo, traggono origine in gran parte dalla potenza calorifera del Sole, ma conseguita che la direzione dei venti, l'altezza del barometro, i cangiamenti di temperatura, lo stato igrometrico dell'aria sono fenomeni connessi. Lo studio comparativo di tali fenomeni, promosso già da Lambert, diede risultamenti i quali furono ridotti in tavole indicanti la pressione atmosferica corrispondente a cadauna area di vento; e queste tavole, contrassegnate col nome di *rose barometriche* dei venti, permisero di scrutare più profondamente il legame dei fenomeni meteorologici (88). Con un ammirabile acume. Dove ha riconosciuto nella legge di rotazione dei venti che egli stesso ha stabilita pei due emisferi, la causa di molti grandi fenomeni di cui l'oceano aereo è campo (89). La differenza di temperatura, tra l'equatore e le contrade vicine ai poli genera due opposte correnti, l'una nelle alte regioni dell'atmosfera, l'altra alla superficie terrestre. A motivo che i punti situati verso l'equatore ed i punti situati verso i poli hanno celerità di rotazione molto diverse, ne segue che la corrente che viene dal polo è inflessa verso levante, mentre l'equatoriale s'inflette verso ponente. Dalla lotta di queste due correnti, dal luogo ove la superiore discende, dalla reciproca loro compenetrazione dipendono le più importanti va-

riazioni della pressione atmosferica, i cangiamenti di temperatura negli strati d' aria, la precipitazione dei vapori acquosi condensati, ed anche, come dove ha dimostrato, la formazione e le figure variate, che assumono le nubi. La forma delle nubi, che dà ai paesi tanta vita ed attrattiva, è nunzia di ciò che avviene nelle alte regioni dell' atmosfera; quando l' aria è tranquilla, le nubi disegnano sul caldo cielo d'un giorno estivo « l' imagine proiettata » del suolo raggiante calore nello spazio.

Allorquando questa influenza d' irradiazione si estende a grandi *continentali* e *oceaniche* superficie, la cui posizione relativa soddisfa a certe condizioni, come tra la costa orientale dell' Africa e la costa occidentale della penisola indiana, produce i *monsoni* dei mari dell' India (90), l' Hippalos dei navigatori greci la cui direzione periodicamente variabile con la declinazione del Sole venne riconosciuta e messa a profitto fin dalla più alta antichità. Furono quelli i primordii della meteorologia; la cognizione dei monsoni, diffusa da secoli nell' Indostan, in China all' oriente del golfo Arabico, al ponente del mare Malese, la nozione ancora più antica e più generale delle brezze di terra e di mare, tali furono i primi, i deboli germi d' una scienza la quale fa in oggi rapidi progressi. Le *magnetiche stazioni* di cui la lunga serie traversa adesso, da Mosca a Pechino, tutta l' Asia settentrionale, ed i cui lavori deggiono abbracciare la ricerca del magnetismo terrestre e degli altri fenomeni meteorologici, sono destinate a somministrare importanti risultamenti alla teoria dei venti. Paragonando le osservazioni raccolte su diversi punti di quella immensa linea, si potrà decidere per esempio, se i venti di levante soffino senza interruzione dal deserto altopiano di Gobi fin nell' interno della Russia, o pure se la corrente prodotta dalla precipitazione dell' aria delle alte regioni non incominci che al mezzo della catena delle stazioni. Allora si sa-

prà nel vero significato della parola *donde* viene il vento. Se al cercato risultamento si fanno concorrere soltanto i luoghi dove le osservazioni sulla direzionedei venti furono continuate per più di vent'anni, si riconosce (giusta i computi recentemente eseguiti con diligenza da G. Mahlaman) che il vento d'*ovest-sud-ovest* è il *vento dominante*, sotto le latitudini medie delle zone temperate dei due continenti.

Le nostre idee sulla *distribuzione del calore* atmosferico hanno vantaggiato in chiarezza, per certi rispetti, dopo che si è cercato di sottomettere i fenomeni ad un modo uniforme di grafica rappresentazione, annodando gli uni agli altri, per un sistema di linee, tutti i punti in cui le temperature medie dell'anno, dell'estate e dell'inverno furono con esattezza determinate. Il sistema delle linee *isoterme*, *isotere* ed *isochimene*, che io ho primamente proposto nell' anno 1817, potrà forse porgere una base certa alla climatologia comparata, se i fisici uniranno le loro fatiche onde perfezionarlo. La perscrutazione del terrestre magnetismo ha così assunto una scientifica forma dal momento in cui i risultamenti parziali vennero uniti e graficamente rappresentati da linee d' uguale declinazione, d' uguale inclinazione e d' uguale intensità.

L' espressione *clima* contrassegna, nel suo più ampio significato, il complesso delle atmosferiche variazioni, che agiscono sui nostri organi d' un modo sensibile ; la temperatura, l' umidità, i cangiamenti della pressione barometrica, la calma dell' atmosfera, i venti, la tensione più o meno forte dell' elettricità atmosferica, la purezza dell' aria o il miscuglio di più o meno deleterie gaseiformi esalazioni finalmente il grado consueto di trasparenza e di serenità del cielo: il quale ultimo dato non influisce soltanto sugli effetti dell' irradiazione calorifica del suolo, sull' organico svilupparsi dei vegetabili e sul maturarsi dei frutti, ma eziandio sul morale dell' uomo e sull' armonia delle sue facoltà.

Se la superficie della terra constasse d'un solo fluido omogeneo o di strati aventi lo stesso colore, la stessa densità, la stessa pulitura, la stessa facoltà di assorbire i raggi solari, la stessa idoneità di raggiare il calore verso gli spazii mondiali, le linee isoterme, isotere ed isochimene sarebbero tutte dirette parallelamente all'equatore. In tale ipotesi, i poteri assorbente ed emissivo, pel calore e per la luce, sarebbero da per tutto i medesimi sulla superficie del globo, a parità di latitudine. Egli è da questo stato medio, il quale non esclude nè le correnti di calore nell'interno del globo e nel suo involucro gasoso, nè la propagazione del calore per le correnti d'aria, che la teoria matematica dei climi dee partire, come da uno stato primitivo. Tutto ciò che fa variare i poteri assorbente ed emissivo in alcuni punti situati sopra uguali paralleli, produce un'inflessione nelle linee isoterme. La natura di queste inflessioni, gli angoli, sotto i quali le linee isoterme, isotere, isochimene tagliano i circoli di latitudine, la posizione del vertice della loro convessità o della loro concavità per riguardo al polo dell'emisfero corrispondente, sono effetti di cause che modificano più o meno potentemente la temperatura sotto le diverse latitudini geografiche.

È quindi gran ventura pei progressi della climatologia, che la civiltà europea abbia piantato la sua sede sopra due spiaggie opposte, o più tosto che siasi portata dalla nostra costa occidentale fino sopra una costa orientale, traversando l'atlantico bacino. Allorchè, dopo effimeri tentativi di domicilio fatti in Islanda e nella Groenlandia, gli abitanti della Gran Bretagna fondarono le loro prime colonie durevoli sul litorale degli Stati Uniti d'America, di cui le persecuzioni religiose, il fanatismo e l'amore della libertà accrebbero rapidamente la popolazione; i coloni che fermarono stanza tra la Corolina del Nord e la foce del fiume S. Lorenzo stupirono di provare inverni molto più freddi al confronto di quelli

d' Italia, di Francia e di Scozia, sotto le stesse latitudini. Una tale differenza di climi doveva tenere l' attenzione in sul desto; tuttavia l' osservazione non divenne realmente feconda di risultamenti per la meteorologia, se non quando potè essere fondata sopra dati numerici esprimenti le temperature medie annuali. Confrontando in tal guisa Nain sulla costa del Labrador con Gottenburgo, Halifax con Bordeaux, Nuova York con Napoli, Sant' Agostino nella Florida col Cairo, trovasi che, per le stesse latitudini, le differenze tra le temperature medie dell' anno dell' America orientale e quelle dell' Europa occidentale sono, andando da settentrione a mezzodì: 11°, 5; 7°, 7; 3°, 8 e quasi 0°. Il decremento progressivo di tali differenze in una serie che comprende 28 gradi di latitudine, è molto osservabile. Più lungi, verso il mezzodì, sotto i tropici stessi, le linee isoterme sono dovunque parallele all' equatore. Si vede, per gli esempi precedenti, che queste ricerche sì spesso messe in campo ne' socievoli consorzii: di quanti gradi l' America (senza distinguere le coste di ponente da quelle di levante) è dessa più fredda dell' Europa? quale differenza havvi tra le temperature medie dell' anno al Canadà od agli Stati Uniti, e quelle dell' Europa? si vede, diciamo noi, che, sotto una forma sì assoluta, sì generale, tali quesiti non hanno alcun senso. La differenza infatti non è costante; essa varia da un parallelo all' altro, e senza una comparazione speciale delle temperature d' estate e d' inverno sulle coste opposte, è impossibile di farsi un' idea giusta delle vere relazioni, che corrono tra i climi, e di valutare la loro influenza sull' agricoltura, l' industria e la prosperità delle popolazioni.

Enumerando le cause, che possono modificare la forma delle linee isoterme, distinguerò quelle che alzano la temperatura da quelle che tendono ad abbassarla. Alla prima classe appartiene: la prossimità d' una costa occidentale nella zona

temperata; la configurazione particolare ai continenti che sono frastagliati in penisole numerose; i mediterranei ed i golfi che penetrano profondamente nelle terre; l'orientazione, vale a dire la posizione d'una terra relativamente ad un mare libero da ghiacci, che si stende al di là del circolo polare o per riguardo ad un continente di considerevole estensione, situato sullo stesso meridiano, all'equatore od almeno nell'interno della zona tropicale; la direzione meridionale ed occidentale dei venti dominanti, se si tratta del lembo occidentale d'un continente situato nella zona temperata; le catene delle montagne che servono di baluardo e di scermo contro i venti che soffiano da contrade più fredde; la rarità delle paludi la cui superficie resta coperta di ghiaccio in primavera e fino al principio dell'estate; la mancanza di foreste sopra un suolo arido e sabbionoso; la serenità costante del cielo durante i mesi d'estate; finalmente la vicinanza d'una corrente pelagica, se tale corrente porta acque più calde di quelle del mare ambiente.

Fra le cause che abbassano la temperatura media annovero le seguenti; l'altezza, sopra il livello del mare, d'una regione che non presenta ragguardevoli altipiani; la vicinanza d'una costa occidentale, per le alte e medie latitudini; la configurazione compatta d'un continente senza seni e senza golfi alle sue costiere; una grande estensione delle terre verso il polo e fino alla regione dei ghiacci eterni (a meno che non abbiavi, tra la terra e questa regione, un mare sempre libero durante l'inverno); una posizione geografica tale che le regioni tropicali della stessa longitudine sieno occupate dal mare, vale a dire, la mancanza d'ogni terra tropicale sul meridiano del paese di cui trattasi di studiare il clima; una catena di montagne, la quale per la sua forma antemurale e la sua direzione difficultasse l'accesso dei venti caldi, o pur anco la vicinanza di picchi isolati, a cagione delle correnti d'aria

fredda, che scendono lungo le loro pendenze; le foreste d'una grande estensione, le quali impediscono i raggi solari d'agire sul suolo; i loro organi appendicolari (le foglie) provocano l'evaporazione d'una grande quantità d'acqua, in virtù della loro attività organica, ed aumentano la superficie capace di raffreddarsi per via d'irradiamento, di modo che le foreste agiscono in tre modi, adombrando, evaporando, irradiando; la frequenza di paludi le quali formano nel nord fino nel cuore dell'estate una specie di ghiacciaie in mezzo alle pianure; un cielo d'estate nebuloso, perchè illanguidisce l'azione dei raggi solari nel loro cammino; finalmente un cielo d'inverno purissimo, perchè un tal cielo favorisce l'irradiazione del calore (90).

La simultanea attività di tutte queste causa perturbatrici (riscaldative o raffreddanti), di quelle soprattutto che dipendono dalle relazioni d'estensione e di configurazione dalle masse opache (i continenti) e delle masse diafane (i mari), determina qual effetto finale le inflessioni delle linee isoterme proiettate sulla superficie del globo. Le perturbazioni locali generano le sommità convesse e concave delle linee stesse. Essendovi però diversi ordini fra queste cause, ogni ordine dovrà essere da prima considerato separatamente. Più tardi per ottenere il loro effetto totale sul movimento delle linee isoterme, vale a dire, sulla direzione e le curvature locali di tali linee, converrà esaminare come tali cause insieme unite si modifichino, s'annullino o si rafforzino mutuamente; non altrimenti che se si trattasse di piccoli movimenti ondulatori che s'incontrano e s'incrocicchiano insieme. Tal è lo spirito del metodo pel quale confido che sia possibile un giorno di assoggettare immense serie di fatti, in apparenza isolati, a leggi empiriche espresse numericamente, e di provare la necessità della reciproca loro dipendenza.

Dappoichè gli elisei (venti di levante della zona tropicale)

fanno nascere vortici o contro-correnti le quali imprimono la direzione orientale o O. S. O. ai venti dominanti delle due zone temperate, questi sono dunque venti di terra, per una costa occidentale. Siccome poi la superficie del mare non è suscettiva di raffreddarsi quanto quella dei continenti, a motivo della massa enorme delle acque e della precipitazione immediata delle particelle raffreddate, ne segue che le coste occidentali devono essere più calde che le coste orientali, purchè per altro una corrente oceanica non venga a modificare la loro temperatura. Il giovane compagno di Cook nella seconda navigazione, l'ingegnoso Forster, al quale io sono debitore del più vivo incitamento per le lontane imprese, fu il primo che avvertì d'un modo preciso a cosiffatta differenza, come all'analogia, per la temperatura, tra la costa occidentale dell'America del nord, sotto le latitudini medie, e la costa occidentale d'Europa (91).

Anche nelle nordiche regioni corre una differenza notabilissima tra le temperature medie annuali delle coste orientali, e quelle delle coste occidentali dell'America. A Nain nel Labrador (lat. 57° 10) questa temperatura è di 3°, 8 sotto 0° mentre è ancora di 6°, 9 sopra 0° a Nuova Arcangelsk, sulla costa settentrion-ponente dell'America russa. La temperatura media dell'estate è appena di 6°, 2 nel primo luogo, di 13°, 8 nel secondo. Pechino (39 54′) sulla costa orientale d'Asia ha una temperatura media annuale (11°, 3) minore di quella di Napoli, che è però un poco più settentrionale; la differenza supera 5°. La temperatura media dell'inverno a Pechino è almeno 3° sotto 0°; e nell'Europa occidentale, a Parigi stesso (48° 50′) essa è di 3°, 3 sopra 0°. Gl'inverni di Pechino sono anzi, a termine medio, due gradi e mezzo più freddi di quelli di Copenaghen, non ostante che questa sia 17° gradi di latitudine più settentrionale.

Abbiamo già detto più sopra con quale lentezza la massa

enorme delle acque dell' oceano segue le variazioni di temperatura dell'atmosfera, e come quindi il mare serve ad aggualigliare le temperature, e mitighi ad un tempo il rigore del verno ed il calore dell' estate. Da ciò una duplice opposizione importante tra il clima delle isole o delle coste, proprio a tutti i continenti articolati, ricchi di penisole e di golfi, ed il clima dell' interno d' una grande massa compatta di terre ferme. Tale singolare diversità venne ne' suoi multiformi fenomeni, nella sua influenza sulla forza della vegetazione e la prosperità dell' agricoltura, sulla trasparenza del cielo, l' irradiazione calorifica del suolo e l' altezza delle nevi eterne, perfettamente sviluppata per la prima volta da Leopoldo di Buch. Nell' interno dell' Asia, Tobolsk, Barnaul sull' Obi ed Irkutsk hanno le medesime estati che Berlino, Münster e Cherburgo; ma a tali estati succedono inverni in cui il mese più freddo ha la spaventevole temperatura media di — 18° fino a — 20°. Nei mesi estivi si vede il termometro mantenersi intere settimane a 30° e 31°. Questi *climi continentali* furono a buon diritto, detti eccessivi dal celebre Buffon, sì dotto nelle matematiche e fisiche discipline; e gli abitanti che vivono in tali climi sembrano quasi condannati, come Dante (92), cantò nel Purgatorio.

A sofferir tormenti caldi e geli.

In nessuna parte della terra, nè meno nelle isole Canarie o nella Spagna o nel mezzodì della Francia ho io mai trovato più deliziosi frutti specialmente più bei grappoli d'uva, come in Astracan presso le spiagge del mar Caspio (46° 21). La temperatura media dell' anno vi è circa di 9.°; quella dell'estate ascende a 21°, 2, come a Bordeaux, mentre nel verno il termometro cala a 25° ed a 30°: lo stesso è a Kislar alla foce del Terek, sebbene più meridionale che Astracan (per le latitudini d' Avignone e di Rimini).

Il clima dell' Irlanda, delle isole di Jersey e di Guernesey,

della penisola di Bretagna, delle coste di Normandia e dell' Inghilterra meridionale paesi d'inverni miti, d'estati fresche e nebulose, forma un singolare contrasto col clima *continentale* dell' interno dell' Europa orientale. Al N. E. dell' Irlanda (54° 56) sotto la stessa latitudine di Conigsberga in Prussia, il mirto vegeta rigoglioso come in Portogallo. La temperatura del mese d' agosto, che in Ungheria arriva a 21°, è di 16° appena a Dublino (sulla stessa linea isoterma di 9° 1/2). La temperatura media d' inverno discende a 2°, 4 a Buda; a Dublino, ove la temperatura annuale non è che di 9°, 5 quella d'inverno è ancora di 4° 3 sopra il gelo; vale a dire 2° ancora più alta che a Milano, Pavia, Padova ed in tutta la Lombardia, dove il calore medio dell' anno sale a 12°, 7. Alle isole Orcadi (Stromness), un po' più al mezzodì di Stocolma (la differenza di latitudine non è più d' un mezzo grado) la temperatura media dell' inverno è di 4°, vale a dire più elevata che a Parigi e quasi così calda come a Londra. Oltre ciò, le acque interne non gelano mai alle isole di Feröe, poste al 62° di latitudine, sotto la benigna influenza del vento d' occidente e del mare. Sulle amene coste del Devonshire, dove il porto Salcombe a motivo del suo dolce clima è stato chiamato il Monpellieri del Nord, si è veduto l' *agave messicana* fiorire in piena terra e meliranci di spalliera portar frutti, sebbene difesi appena da stuoie, Là, come a Penzance, come a Gospor ed a Cherburgo sulla costa della Normandia, la temperatura media dell' inverno è 5°, 5, inferiore quindi soltanto 1°, 3 a quelle di Monpellieri e di Fiorenza (93). Queste comparazioni chiariscono abbastanza in quante maniere una sola e medesima temperatura media annuale possa ripartirsi tra le diverse stagioni, e quanto questi diversi modi di distribuzione del calore nel corso dell' anno, influiscono efficacemente sulla vegetazione, l' agricoltura, la maturazione dei frutti e la prosperità materiale dell' uomo.

Le linee che io chiamo *isochimene* ed *isotere* (linee di eguale temperatura di estate e d' inverno) non sono per nulla parallele alle linee isoterme (linee d' uguali temperature annuali). Se là dove i mirti crescono in piena terra e dove il suolo non si copre mai nell' inverno d' una neve permanente, le temperature d' estate e d' autunno bastano appena a portare i pomi a perfetta maturità, se la vite, per dare un vino potabile, fugge le isole e pressochè tutte le coste (anche le occidentali), ciò non è soltanto effetto del debole calore estivo del litorale; la ragione di tale fenomeno è altrove che nelle indicazioni porte dai nostri termometri esposti all' ombra; conviene cercarla nell' influenza della luce diretta a cui finora si è posta poca attenzione, benchè si manifesti in tanti fenomeni nell' infiammazione, per esempio, d' un miscuglio di idrogeno e di cloro). Corre in questo proposito, una differenza capitale fra la luce diffusa e la luce diretta, fra la luce che ha traversato un cielo sereno e quella ch' è stata affievolità e dispersa per ogni dove da un cielo nebuloso. E lungo tempo (94), ch' io ho cercato di richiamare l' attenzione dei fisici e dei filologi su questa differenza e sulla quantità di calore ancora ignota che l' azione della luce diretta sviluppa nelle cellule dei vegetabili viventi.

Se si percorre la scala termica dei diversi generi di coltura (95), cominciando da quelli che esigono il clima più caldo, s' incontra successivamente la vaniglia, il cacao, il pisang e l' albero del cocco; poi l' ananas, la canna da zucchero l' albero del caffè, la palma, il cedro, l' ulivo, il castagno buono e la vite di cui potabile è il vino. Studiando la precisa distribuzione di tali diverse colture nei piani e sui declivii delle montagne, si riconosce che i loro limiti geografici non sono regolati esclusivamente dalle medie temperature annuali. Così, per non uscire dall' esempio della vite affinchè la vite produca vino potabile (96), non basta che il calore medio dell'anno

superi 9° 1/2; è d'uopo altresì, che una temperatura d'inverno superiore a + 0°, 5 sia seguita da una temperatura media di 18° almeno durante l'estate. Nella vallata della Garonna, a Bordeaux (lat. 40° 50′), le temperature medie dell'anno, dell'inverno dell'estate e dell'autunno sono rispettivamente: 13°, 8; 6°, 2; 21° 7; 14° 4. Nelle pianure del litorale del Baltico (lat. 52° 1/2), dove il vino non è più potabile, benchè vi si consumi, questi numeri sono: 8°, 6; — 0°, 7; 17° 6; 8°, 6. Se può sembrare strano che la notabile differenza tra un clima che favorisce ed un altro che spreggia la coltura della vite non venga dalle termometriche indicazioni spiccatamente manifestata, scemerà però lo stupore ove si consideri, che un termometro, posto all'ombra al coperto affatto, o poco meno dagli effetti della insolazione diretta e dell'irradiazione notturna, male può indicare la temperatura del suolo liberamente esposto a tutte queste influenze, e le variazioni periodiche a cui tale temperatura va soggetta da una stagione all'altra.

Le medesime relazioni di climi che si osservano tra la penisola di Brettagna ed il restante della Francia, di cui la massa è più compatta, le estati più calde, gl'inverni più crudi, si verificano fino ad un certo punto tra l'Europa ed il continente asiatico, di cui l'Europa forma la penisola occidentale. L'Europa dee la mitezza del clima alla sua configurazione riccamente articolata, all'Oceano che bagna le coste occidentali dell'Antico Mondo, al mare libero da ghiacci, che la separa dalle regioni polari, e segnatamente all'esistenza ed alla situazione geografica del continente africano, di cui le regioni intertropicali raggiano copiosamente e provocano l'ascensione d'un'immensa corrente d'aria calda, mentre le regioni situate al mezzodì dell'Asia sono oceaniche in gran parte. L'Europa diverrebbe più fredda (97), se l'Africa fosse sommersa, se la favolosa Atlantide uscendo dal seno dell'Oceano, congiungesse l'Europa all'America settentrionale; se le

calde acque della Gulf-Stream non si stravasassero nei mari del settentrione, o se una nuova terra, sollevata dalle vulcaniche forze, s'intromettesse fra la penisola Scandiva e lo Spitzberg. A mano a mano che si avanza da ponente a levante, percorrendo, sopra una stessa parallela di latitudine, la Francia l'Alemagna, la Polonia, la Russia, fino alla catena dei monti Urali, si vede che le temperature medie dell'anno seguono una serie decrescente. Ma in pari tempo, a mano a mano che si penetra così nell'interno delle terre, la forma del continente diviene sempre più compatta; la sua larghezza aumenta l'influenza del mare diminuisce quella dei venti occidentali si fa sentir meno; ed è in tutto ciò ch'è duopo cercare la cagione principale del progressivo abbassarsi della temperatura. Di già anzi nelle regioni situate di là dell'Ural, i venti d'occidente sono divenuti venti di terra, ed in cambio di colore, apportano il freddo acquistato soffiando sopra vasti tratti di terra coperti di ghiacci e di nevi. Il rigore del clima nella Siberia occidentale è un effetto di tali cause generali, è dipendente dalla configurazione della terra ferma e dalla natura delle atmosferiche correnti, e non altrimenti (98), checchè detto ne abbiano Ippocrate, Trogo Pompeo ed anche più d'un celebre viaggiatore del XVIII° secolo, da una grande altezza del suolo sopra il livello del mare.

Passando noi ora dalle differenze di temperatura nelle pianure alle ineguaglianze della poliedrica forma della superficie del nostro pianeta, ci faremo a considerare le montagne per riguardo alla loro influenza sul clima dei paesi vicini, ed all'azione che esercitano, in conseguenza delle ipsometriche relazioni, sulla temperatura delle loro proprie sommità, od anche su quella degli altipiani a cui sono base. Le catene delle montagne partiscono la superficie terrestre in grandi bacini, in vallate profonde e strette, in vallate circolari. Coteste vallate, sovente incassate come fra muraglie, *individualizzano* i cli-

mi locali (per esempio, in Grecia ed in una parte dell'Asia minore), e li pongono in condizioni affatto speciali per riguardo al calore, all'umidità, alla trasparenza dell' aria, alla frequenza dei venti e delle tempeste. Tale configurazione ha esercitato sempre una potente influenza sui prodotti del suolo, la scelta delle coltivazioni, i costumi, le forme di governo, ed anche sulle inimistà delle razze vicine. Il carattere dell' *individualità geografica* tocca per così dire, il punto massimo allorchè la conformazione del suolo, in direzione orizzontale ed in direzione verticale, in rilievo ed in smembrature di continenti, è quant'è mai possibile, variata. Dell' opposto carattere fortemente s' improntano le steppe dell' Asia settentrionale, le grandi pianure erbacee del Nuovo Mondo (savane, Hanos, pampas), le lande ad eriche (*ericeta*) dell' Europa, ed i deserti di sabbia o di pietre dell'Africa.

La legge che segue il decremento del calore, per differenti latitudini, coll'aumentarsi dell'altezza, è d' una grande importanza per la cognizione dei meteorologici processi, per la geografia delle piante, la teoria della rifrazione terrestre e le diverse ipotesi sulle quali si fonda la valutazione dell' altezza dell' atmosfera. Nelle molte ascensioni di montagne ch' io ho potuto intraprendere dentro e fuori dei tropici, lo studio di questa legge fu uno degli oggetti principali delle mie investigazioni (99).

Dopo che si sà, con qualche esattezza, come il calore si distribuisce alla superficie della terra, vale a dire dopo che si studiano le inflessioni e le distanze delle linee isoterme ed isotere, nei diversi sistemi di temperatura all'oriente ed all' occidente dell' Asia, dell' Europa centrale e dell' America del nord, non è più lecito di movere in modo assoluto questa domanda, a quale frazione del calore termometrico medio dell' anno o dell'estate corrisponda una variazione di 1° in latitudine, quando si cangia luogo sopra uno stesso meridiano. In ogni sistema di

linee isoterme a curve eguali domina un intimo e necessario legame fra i tre elementi: la diminuzione del calore in via verticale e di sotto insù; la variazione di temperatura per un 1° di cangiamento nella latitudine geografica; la conformità della temperatura media d'una stazione in montagna e della distanza al polo d' un punto situato al livello del mare.

Nel sistema dell' *America orientale*, la temperatura media annuale varia, dalla costa del Labrador fino a Boston, di 0°, 88 per ogni grado di latitudine; da Boston Charleston di 0° 95; da Charleston al tropico del cancro (Cuba) la variazione diminuisce; essa non è che di 0° 66. Nella zona tropicale medesima, la temperatura media varia con tanta lentezza, che, dall' Avana e Cumana, il cangiamento per un grado di latitudine non oltrepassa 0° 20.

Tutt' altra cosa è nel sistema formato dalle linee isoterme dell' *Europa centrale*. Tra i paralleli di 38° e di 71°, io trovo che la temperatura decresce in modo uniforme in ragione di un mezzo grado del termometro per ogni grado di latitudine. Ma siccome d' altro canto il calore diminuisce di 1° in questa regione, quando, quanto l'altezza aumenta di 156 o di 170 metri, ne segue che 78 o 85 metri d' elevazione sopra il livello del mare producono lo stesso effetto, sull' annuale temperatura, che uno spostamento verso settentrione di 1° in latitudine. Così la temperatura media annuale del convento del Monte San Bernardo, situato a 2491 metri d' altezza, per 45° 50′ di latitudine, si ritrova nel piano per una latitudine di 75° 50′.

Le osservazioni da me fatte fino a 6000 metri d' altezza nella parte della catena delle Ande compresa fra i tropici, mi hanno dato una diminuzione di 1° di temperatura per 187 metri d' aumento nell' altezza: trent' anni più tardi il mio amico Boussingault ha trovato qual prodotto medio 175 metri. Paragonando i luoghi situati sul declivio stesso delle Cordigliere con altri luoghi d' eguale altezza al disopra del mare, posti però

sopra altipiani di una grande estensione, osservai che la temperatura media dell'anno era più elevata di 1°, 5 a 2°, 5 in questi ultimi luoghi. Il divario sarebbe maggiore senza lo sperdimento di calore, che l'irradiamento occasiona durante la notte. Siccome in quella regione, i climi si trovano sovrapposti gli uni agli altri, dalle foreste di caccao dalle basse pianure fino alla neve eterna, e siccome la temperatura colà varia pochissimo da un capo all'altro dell'anno, si può formarsi un' idea abbastanza esatta delle temperature a cui gli abitatori delle grandi città della catena delle Ande sono esposti, paragonandole con quelle di certi mesi nelle pianure di Francia e d' Italia. Mentre che alle sponde boscose dell' Orenoco domina quotidianamente un calore che oltrepassa di 4° quello del mese d'agosto a Palermo, si trova, a misura che si ascendono le Ande a Popayan (1775 m.) i tre mesi estivi di Marsiglia, a Quito (2908 m.) la fine del mese di maggio di Parigi, sui Paramos, ove crescono piante alpestri meschine ma fiorite, il principio del mese d'aprile di Parigi.

L' ingegnoso Pietro Martire di Anghiera, uno degli amici di Cristoforo Colombo, è certamente stato il primo che (dopo la spedizione intrapresa in ottobre 1510 da Rodrigo Enrico Colmenares), ha riconosciuto che il limite delle nevi eterne è più alto quanto più si va verso l'equatore. Nella bella sua opera *De rebus oceanicis* (100), io leggo queste parole: « Il fiume Gaira viene giù da una montagna (nella Sierra-Nevada di Santa Marta) la quale, a detta dei compagni di Colmenares, supera in altezza tutte le montagne conosciute; e ciò dev'essere senza dubbio, se in una zona, la quale dista tutto al più 10° dalla linea equinoziale, conserva perenne la neve. » Il limite delle nevi eterne in una data latitudine è la linea delle nevi, che resistono all' estate, vale a dire il punto massimo dell' altezza a cui tale linea si ritrae nel corso dell' intero anno. Questo dato vuol essere accuratamente distinto dai tre fenomeni seguenti: l'oscil-

iazione annuale del limite inferiore delle nevi, la caduta della neve sporadica, e la formazione delle ghiacciaie, le quali sembrano proprie soltanto delle zone fredde e temperate, e sopra cui, dopo gl' immortali lavori di Saussure sparsero una nuova luce gli studii, che si fecero in questi ultimi anni sulle Alpi da Venetz, da Charpentier e sopra tutto da Agassiz con un' intrepidezza ed una perseveranza degna di tutta lode.

Noi conosciamo soltanto l' inferiore, non il superiore limite delle nevi eterne; imperocchè le montagne della terra non s' innalzano fino all' altezza dell' aere etereo, ai sottili, aridi strati dell' atmosfera, di cui si può congetturare con Bouguer, che non contengono più vapore vescicolare capace di generare cristalli di ghiaccio, pel raffreddamento, da rendersi visibili all' occhio. Il limite inferiore delle nevi non è però unicamente una funzione della latitudine geografica o della temperatura media annuale del luogo: nè all' equatore, nè tampoco nella zona intertropicale arriva, come si è lunga pezza creduto, un tal limite alla sua maggiore altezza sopra il livello del mare. Il fenomeno in discorso è in generale un effetto sommamente complesso della temperatura dello stato igrometrico e della forma delle montagne; ed assoggettandolo ad un' analisi più speciale, come una copiosa messe di osservazioni permette di fare (1), si riconosce ch' esso dipende dal concorso di varie cause, come sono la differenza delle temperature proprie d' ogni stagione; la direzione dei venti dominanti ed il loro contatto sia col mare, sia con la terra; il grado ordinario di siccità o d' umidità degli strati superiori dell' atmosfera; lo spessore assoluto della massa di neve, che è caduta o che si è accumulata; la relazione tra l' altezza del limite inferiore delle nevi e l' altezza totale della montagna; la posizione relativa di quest' ultima nella catena di cui fa parte; la ripidezza del declivio; la prossimità d' altre cime ugualmen-

le coperte di neve perpetua; l'estensione, posizione ed altezza dei piani in seno ai quali la cima nevosa s'innalza come un picco isolato, o come parte d'un gruppo o catena di montagne: è d'uopo valutare infine la situazione di tali piani in riva al mare o nell'interno dei continenti, se coperti di foreste o di praterie, di paludi o pure di aride sabbie e di nudi macigni.

Mentre il limite delle nevi nell'America meridionale sotto l'equatore giunge ad un'altezza uguale a quella delle cime del monte Bianco della catena delle Alpi, e si abbassa nell'altopiano del Messico verso il tropico boreale, per 19° di lat., circa di 312 metri, giusta le ultime misure; s'innalza per lo contrario verso il tropico australe, secondo Pentland (lat. 14° 1/2 — 18°), non nella orientale, ma nella occidentale Cordigliera marittima del Chilì, più di 800 metri più alto che sotto l'equatore presso Quito, sul Cimborazo, il Cotopaxi e l'Antisana. Afferma anzi il dott. Gillies d'aver trovato, ancora più al mezzodì, sul declivio del vulcano di Peuquenes (lat. 33°), l'altezza della neve fino ai 4420, ed ai 4580 metri. L'evaporazioni della neve durante l'estate, per l'estrema aridezza dell'aere cagionata da un cielo sgombro di nubi, è sì grande che il vulcano di Aconcagua (al N. E. di Valparaiso, lat. 32° 1/2, il quale, giusta le misure della spedizione del Beagle, è 450 metri più alto del Cimborazo, fu veduto un giorno affatto spoglio di neve (2).

Presso quasi lo stesso circolo di latitudine boreale (da 30° 3/4 a 31°) sul pendio meridionale dell'Imalaia, il limite delle nevi giace a 3956, metri d'altezza, misura che si può congetturare giusta dopo molteplici combinazioni e confronti con altre catene di montagne. Sul declivio settentrionale però, sotto l'influenza dell'altopiano tibetano, la cui media altezza sembra essere di 3500 metri, il limite delle nevi eterne tocca i 4068 metri. Questa differenza, controversa spesso in Europa e nell'India sulle cui cause fin dall'anno 1820, io sviluppai le

mie idee in varii scritti (3), non è importante soltanto dal lato delle scienze fisiche; un tale fenomeno ha esercitato una potente influenza sulle condizioni d'esistenza de' popoli primitivi. I fenomeni meteorologici hanno dato e tolto all'agricoltura od alla pastorizia intere contrade d'un continente.

Dappoichè la quantità di vapore dell'atmosfera aumenta con la temperatura, ne segue che questo per l'intera organica creazione sì importante elemento dee variare secondo le ore del giorno, secondo le stagioni, i gradi di latitudine e le altezze. Il nuovo ed omai sì universalmente sparso metodo di misura mercè l'applicazione del psicrometro di August, giusta le idee di Dalton e Daniell, secondo cui si determina la differenza del punto di rugiada con la temperatura dell'aria ambiente, e quindi la quantità di vapore contenuto nell'atmosfera, ha notabilmente accresciuto le nostre cognizioni sulle igrometriche relazioni della superficie terrestre. La temperatura, la pressione atmosferica e la direzione del vento stanno in intimo legame con la umidità, il cui potere vivificante non dipende unicamente dalla quantità di vapore disciolto nei diversi strati d'aria, ma altresì dal modo e dalla frequenza di precipitazione di tale vapore in forma di rugiada, di nebbia, di pioggia e di neve, con che il suolo viene variamente umettato. Secondo Dove (4): « La forza elastica del vapore acqueo contenuto nell'atmosfera della nostra zona temperata, è al massimo pel vento di S. O., ed al minimo pel vento di N. E. Essa diminuice al ponente della rosa dei venti; e va per lo contrario aumentando nella regione orientale. Infatti, dal lato di ponente, una correntia di aria fredda, pesante e secca, respinge la correntia calda, leggiera ed umida, mentre dal lato opposto la seconda incalza la prima. La corrente del S. O. non è che una deviazione della corrente equatoriale, e la corrente del N. E. è la sola corrente polare dominante. »

L' amena e fresca verdura di molti alberi che si osservano in varie contrade dei tropici, dove per cinque o sei mesi niuna nube copre mai il cielo, dove visibilmente non cade mai pioggia nè rugiada, altro non significa se non che le parti appendicolari (le foglie) possedono la facoltà d' assorbire l'acqua dell' atmosfera per un atto particolare alla vita organica, indipendentemente dalla diminuzione di temperatura che l' irradiamento produce. Alle aride pianure di Cumana, di Coro e di Ceara (Brasile settentrionale), cui la pioggia non umetta mai, fanno contrapposizione altre regioni dei tropici dove l' acqua del cielo cade in abbondanza. All' Avana, per esempio, Ramon de la Sagra ha conchiuso da sei anni d'osservazioni che cadono, anno medio, 2761 milimetri di pioggia, vale a dire quattro o cinque volte più che a Parigi ed a Ginevra (5). Sul pendìo della catena delle Ande la quantità di pioggia annuale decresce come la temperatura, a misura che aumenta d' altezza (6). Uno de' miei compagni di viaggio nell' America meridionale, Caldas, ha trovato che a Santa Fè di Bogota ad un' altezza di 2600 metri la quantità di pioggia non oltrepassa 1000 milimetri; essa vi è quindi meno abbondante che su certi punti delle coste occidentali dell' Europa. Boussingault ha veduto talvolta a Quito per una temperatura di 12° — 13° l' igrometro di Saussure retrogradare fino a 26°. Gay Lussac, nella sua grande ascensione aereostatica, vide lo stesso stromento di misura segnare 25°, 3 in istrati d' aria situati a 2100 metri d' altezza. Ma la maggiore aridità che siasi finora osservata nelle basse pianure è certamente quella che Gustavo Rose, Ehrenberg ed io abbiamo trovata nell' Asia settentrionale, tra i bacini dell' Irtysch e dell' Obi. Nella steppa di Platowskaja, dopo un lungo soffiare di vento di S. O. dall' interno del continente, per una temperatura di 23°, 7, trovammo che il punto di rugiada si era abbassato a 4°, 3 sotto il gelo. L' aria così non conteneva più che 16/100 di va-

pore d'acqua (7). Contro la grande aridezza che le misure igrometriche di Saussure, e le mie sembrano indicare per l'aria delle alte regioni delle Alpi e delle Ande, alcuni esatti osservatori, come Kämtz, Bravais e Martins, mossero qualche dubbio. Se non che si limitarono a confrontare l'atmosfera di Zurigo con quella di Faulhorn, la cui altezza non può tenersi per considerabile che in Europa soltanto (8). L'umidità, mediante cui nella regione tropicale dei Paramos (dove la neve comincia a cadere fra 3600 e 3900 metri d'altezza), alcune specie di piante alpestri a foglie di mirto e a grandi fiori vengono abbeverate, non è propriamente una prova in favore dell'esistenza d'una assoluta quantità grande di vapori d'acqua a quella elevazione; essa prova solamente che la precipitazione vi si ripete di frequente. Lo stesso può dirsi delle nebbie sì comuni sul bell'altopiano di Bogota. Gli strati di nubi si formano e si dissolvono più volte nel corso d'un'ora per un aere tranquillo. Tali rapide alternative caratterizzano in generale altipiani ed i Paramos della catena delle Ande.

L'*elettricità dell'atmosfera*, sia che la si consideri nelle basse regioni dell'aria ove il suo movimento silenzioso varia per periodi ancora problematici, sia che la si consideri negli strati elevati nel seno delle nubi ove si manifesta col fulgore dei lambi e col fragore dei nembi, può riputarsi per moltiplici legami annodata ai fenomeni tutti della distribuzione del calore, della pressione atmosferica con le sue perturbazioni, delle meteore, acquose, e, secondo ogni verosimiglianza, del magnetismo di cui la scorza superficiale della terra sembra essere dotata. Essa esercita una potente influenza sull'intero mondo delle piante e degli animali, non solo coi fenomeni meteorologici cui fa nascere, come la precipitazione dei vapori acquosi e la formazione di composti acidi od ammoniacali, ma altresì quale agente speciale eccitante direttamente l'apparato nervoso ed i movimenti circolatorii dei liquidi organici. Non

è questo il luogo di rinnovare antiche dispute sull' origine dell' elettricità sviluppantesi nell' atmosfera per un cielo sereno. Non indagheremo se dabbasi attribuire tale elettricità all' evaporazione delle acque impure (pregne di sali e di sostanze terrose) (9), alla vegetazione (10), alle numerose chimiche reazioni di cui la terrestre superficie è campo, all' ineguale ripartizione del calore negli strati aerei (11), o finalmente, secondo le ingegnose induzioni di Peltier (12), all'influsso di una carica continuamente negativa del globo terrestre. Invece d'entrare in sì vasto campo di discussioni, la descrizione fisica del mondo dee partire dalle osservazioni elettrometriche, quelle particolarmente che somministra l'ingegnoso elettro-magnetico apparato proposto da Colladon, per ricercare come la tensione dell' elettricità positiva cresca coll' altezza della stazione e la rarezza degli alberi nelle contrade vicine (13); per quali periodi variano il flusso ed il riflusso diurno dell'elettricità atmosferica (in seguito alle ricerche istituite a Dublino da Clarke, tali periodi sarebbero meno semplici di quelli di cui io aveva, con Saussure, riconosciuto l' esistenza); e come la tensione varia secondo le stagioni, la distanza dall' equatore e la proporzione locale della superficie delle terre rispetto a quella dell' Oceano.

Se vero è, in generale, che l' equilibrio delle elettriche forze è soggetto a perturbazioni meno frequenti là dove l'oceano aereo posa sopra un fondo liquido, che nelle atmosfere continentali, non è men curioso il vedere come nel seno dei più vasti mari, i più piccoli gruppi d'isole agiscano sullo stato elettrico, dell'atmosfera e provochino la formazione delle tempeste. Più d' una volta, in lunghe serie di ricerche per un tempo nebbioso od allorchè la neve cominciava a cadere, ebbi a vedere l' elettricità atmosferica, prima vitrea d' un modo permanente, trapassare di balzo a resinosa, e ciò ripetersi più volte tanto nelle pianure delle zone fredde, quanto sotto i tropici nei Para-

mos delle Cordigliere, fra 3200 e 4500 metri di altezza. L'alterante trapasso era affatto simile a quelli che indicano gli elettrometri, alcun tempo a vanti e durante una procella (14). Ogni vescichetta di vapore è attorniata da una piccola atmosfera elettrica; quando tali vescichette si ammassano e si condensano in nuvole a contorni determinati, l'elettricità di cadauna di esse si porta alla superficie e contribuisce a far crescere la tensione generale sull' involucro esterno (15). Le nuvole d'un colore grigio lavagna sono cariche di elettricità resinosa, secondo le ricerche fatte da Peltier a Parigi, e le nuvole bianche, rosee o rancie posseggono l'elettricità vitrea. Le nuvole procellose non circondano solamente le più alte cime della catena delle Ande, (io stesso ho trovato tracce di vetrificazione operate dalla folgore sopra una delle turrite rupi che soprastanno al cratere del vulcano di Toluca, a 4600 d'elevazione); ma altresì nelle basse pianure delle zone temperate se non sono misurate in direzione verticale di un' altezza di 8000 metri (16). Talvolta però lo strato di nuvole, che ricetta la folgore può abbassarsi e discendere a 150 ed anche a 100 metri dal suolo delle pianure.

Secondo le ricerche di Arago, le più compiute che finora possediamo su questa scabrosissima parte della meteorologia, sono tre specie di luminose manifestazioni (*lampi*); lampi a zigzag con orli spiccatamente terminati; lampi che senza forme precise illuminano il cielo e quando brillano pare che la nuvola si apra a mezzo per dar loro passaggio; lampi in forma di globi di fuoco (17). Se i primi durano appena 1/1000 di secondo, i globulari assai più, parecchi secondi. Talvolta (e nuove osservazioni confermano il fenomeno già descritto da Nicholson e Beccaria) nuvole isolate, che sono ad una grande altezza al di sopra dell'orizzonte, diventano luminose, senza che si oda tuono, senza indizio di nembo, e persistendo non breve tempo a splendere di dentro e negli orli: si è pur

veduto cadere nocchi di gragnuola, goccie di pioggia, fiocchi di neve, tutti rilucenti e sen' altro accidente nemboso. Non ometteremo d' indicare, come uno dei tratti più curiosi della *geografica distribuzione delle tempeste*, il contrasto singolare che presenta la costa peruviana, dove non lampeggia nè tuona mai, col resto della zona tropicale, dove quasi ogni dì, a certi tempi dell' anno, si formano nembi quattro o cinque ore dopo la culminazione del sole. Secondo le molte testimonianze che Arago ha raccolte da varii navigatori (Scoresby, Parry, Ross, Franklin), non è da dubitare che, in generale, nelle alte latitudini boreali tra 70° e 75°, le elettriche esplosioni avvengano di rado (18).

Ponendo fine alla parte meteorologica del quadro della natura vogliamo ricordare di nuovo come i fenomeni di luce, di calore, d' elasticità di vapori, d' igrometria e d' elattricità che l' infinito aereo oceano presenta, sono tutti l' uno all' altro intimamente collegati, per modo che non uno di essi può far sentire il suo influsso senza che l' effetto prodotto non sia tosto modificato dall' intervento simultaneo di tutti gli altri agenti. Questa complicazione di cause perturbatrici che fa involontariamente ricorrere col pensiero a quelle che alterano di continuo i movimenti dei corpi celesti, dei corpi specialmente di piccolo volume (satelliti, comete, stelle cadenti), i quali si avvicinano molto ai centri d' azione principali, rende estremamente difficile la spiegazione delle meteorologiche parvenze essa limita d' assai e rende in buona parte impossibile la predilezione delle atmosferiche variazioni, la quale tornerebbe sì giovevole per la coltura degli orti e dei campi, per la navigazione, la prosperità ed i piaceri dell' uomo. Coloro che valutano il merito della meteorologia non per la cognizione del fenomeno in sè stesso, ma per quella problematica previsione, sono convinti che tale parte delle scienze naturali, per la quale si sono intrapresi tanti viaggi in lontane

montuose regioni, non possa vantarsi da secoli d'alcun vero progresso. La fiducia ch' essi negano al fisico, l'accordano a buon mercato alle fasi della luna ed a certi giorni tradizionali del calendario.

« Non è frequente il caso di grandi deviazioni locali nella distribuzione delle temperature medie; d'ordinario, le anomalie si ripartiscono uniformamente sopra grandi estensioni. La deviazione accidentale tocca il suo massimo in un luogo determinato, e decresce poscia da una parte e dall'altra di questo punto andando verso certi confini. Oltrepassando questi limiti, si possono trovare grandi deviazioni in *direzioni opposte*. Omogenee proporzioni di temperie occorrono più frequentemente dal mezzodì verso il settentrione che da ponente verso levante. Alla fine dell'anno 1829 (io compiva il mio viaggio di Siberia), il massimo del freddo cadde sopra Berlino, mentre nell' America settentrionale si godeva d'un insolito calore. È supposizione affatto arbitraria, che ad un rigoroso verno una calda estate, ad un' estate fresca un mite verno tenga dietro. » La varietà, l'opposizione stessa delle condizioni accidentali della temperatura in due contrade vicine o su due continenti produttori di grano apportano un benefico conguaglio nei prezzi d'un gran numero di derrate. Si è giustamente avvertito, che le indicazioni del barometro si riferiscono a tutti gli strati d'aria posti al dissopra del luogo d'osservazione (19) fino ai limiti estremi dell'atmosfera, mentre quelle del termometro e del psicrometro sono meramente locali e non s'applicano che allo strato d'aria vicino al suolo. Volendo studiare a fondo le termometriche od igrometriche modificazioni degli strati superiori dell'atmosfera, non havvi certamente mezzo migliore delle osservazioni dirette sulle montagne od in aerostatiche salite: in difetto di ciò, non resta che di ricorrese ad ipotesi, che possono permettere di adoperare il barometro come istromento di misura pel calore

e l'umidità. I fenomeni meteorologici più importanti non si elaborano, in generale, sul luogo stesso ove si osservano: la loro origine è altrove. E' sogliono incominciare con una perturbazione dell' equilibrio, che sopravviene di lontano nelle correnti delle alte regioni; poscia a poco a poco l'aria fredda o calda, umida o secca di tali correnti deviate invade l'atmosfera, ne turba o ne rintegra la trasparenza, ammassa le nubi in forme pesanti e rotonde (*cumuli*), o le divide e le sparpaglia in fiocchi sottili, come lanugine (*cirri*). Poichè in tal guisa l'inaccessibilità delle cause dei fenomeni si associa alla moltiplicità e complicazione delle perturbazioni, mi parve sempre che la meteorologia debba cercare il suo vero punto di partenza e gettare le sue radici nelle calde zone dei tropici; in quelle beate regioni, dove i venti soffiano costantemente nella stessa direzione, dove le atmosferiche maree, il corso delle meteore acquose e le esplosioni della folgore sono soggette a periodici ritorni.

Dopo che noi abbiamo percorso il circolo intero della vita inorganica del globo terrestre, ed abbozzato per sommi capi la forma esteriore del nostro pianeta, il suo calore interno, la sua tensione elettro-magnetica, gli effluvii luminosi de' suoi poli, il suo vulcanismo, vale a dire la reazione dell' interno contro la scorza solida, i suoi due involucri (il mare e l'oceano aereo), potremmo, secondo l' antico sistema di trattazione della fisica descrizione del globo, riguardare come compiuto il quadro della natura. Se non che, proponendoci un più alto punto di veduta nella considerazione dell' universo, un tale quadro apparirebbe spoglio della sua più vaga attrattiva, se in pari tempo non ci presentasse la sfera della organica vita nelle varie gradazioni del suo topico sviluppamento. L'idea della vitalità è talmente congiunta all' idea dell' esistenza di impellenti, incessanti e d' ogni guisa creatrici forze di natura agitantisi nel terrestre globo, che nei miti più antichi dei po-

poli la generazione delle piante e degli animali fu a tali forze attribuita, come lo stato in cui la terra trovossi inanimata e deserta risalirebbe al caos primitivo, all' epoca della lotta di tutti gli elementi. Nell' empirica sfera d' un' obbiettiva, d' una fisica contemplazione, nella rappresentazione del *fatto*, dello stato attuale del nostro pianeta, il misterioso e l' insolubile problema della *genesi* non può trovare qui luogo acconcio e competente.

Incatenata al dominio della realtà, la fisica descrizione del mondo rimane straniera, non per timidezza, ma per moderazione, per l' indole stessa del suo oggetto e de' suoi limiti, agli oscuri primordii della storia degli organismi, (20), adoperando noi qui la parola *storia*, nel suo più ordinario significato. Ciò posto, la descrizione fisica del mondo dee ricordare, che tutte le sostanze fondamentali di cui la macchina degli animali e delle piante è formata, trovansi esistere nella inorganica scorza della terra. Essa dee mostrare che in queste ed in quelli signoreggiano le medesime forze, le quali uniscono e disgiungono le molecole della materia, e danno forma e fluidità agli organici tessuti: soggette però allora a condizioni poco note, che si contrassegnano sotto la troppa vaga denominazione di *fenomeni vitali*, e che vennero sistematicamente aggruppate secondo più o meno felici analogie. Egli è quindi un bisogno della contemplativa tendenza del nostro spirito l' investigare i fisici fenomeni sino all' estrema loro manifestazione, fino nello svolgimento delle forme dei vegetabili ed in quello degli organismi i quali portano in sè stessi il principio dei loro movimenti. Egli è pure così che il quadro della inorganica natura si annoda a quello della ripartizione delle organiche vitalità diffuse sulla superficie del globo, vale a dire alla *geografia delle piante e degli animali.*

Senza voler qui discutere l' arduo quesito su ciò, « che si muove da sè, » o sia sulla differenza tra la vita vegetativa e

la vita animale, faremo alla prima osservare che se noi dalla natura fossimo stati dotati della visiva microscopica potenza, se gl' integumenti delle piante fossero perfettamente trasparenti, il regno vegetale sarebbe lontano dal presentare l'aspetto dell' immobilità a cui ci sembra condannato. Nell' interno, il tessuto cellulare degli organi è incessantemente percorso e vivificato dalle correnti più diverse. Tali sono le correnti di rotazione, che salgono e discendono, ramificandosi, cangiando continuamente di direzione, mediante il movimento della globulare mucilaggine, come nelle piante acquatiche (naiadi, caracee, idrocaridee), e nelle piante terrestri fanerogame. Tal è il fornicolamento molecolare, scoperto dal grande botanico Roberto Brown, e di cui ogni organica materia, purchè sia ridotta ad uno stato di divisione estrema, dee certamente offrire qualche traccia, Tal è la corrente giratoria dei globuli del cambium o chilo (*cicloso*) in un sistema di vasi particolari. Indichiamo altresì i filetti cellulari che si articolano e si attorcigliano nelle anteridie del cara e negli organi riproduttori delle epatiche e delle alghe, filamenti singolari nei quali Mayen, troppo presto rapito alle scienze, credeva ravvisare l' analogo degli spermatozoarii degli enti animati. Che si aggiungano a tutte queste correnti, a tutti questi aggiramenti, i fenomeni dell' endosmosi, della nutrizione e del crescimento dei vegetabili, come pure le correnti formate dai gas interni, e si avrà un' imagine delle forze le quali, quasi a nostra insaputa, sono operative nella vita in apparenza sì tranquilla delle piante.

Dall' epoca in cui io ho descritto, nelle *Vedute della Natura*, l' universale diffusione della vita sulla superficie della terra, e la distribuzione delle organiche forme, sia in altezza, sia in profondità, le nostre cognizioni hanno fatto in questa via ammirabili progressi, mercè le splendide scoperte di Ehenberg a sopra la vita microscopica, che regna nell' oceano e nei

ghiacci delle regioni polari; » scoperte dovute, non ad ingegnose induzioni, ma all' esatta osservazione dei fatti. La sfera della vita, o, per dir meglio, l' orizzonte della vita si è dinanzi agli occhi nostri allargato. « Là vicino ai due poli, dove grandi organismi non potrebbero lunga pezza durare, regna ancora una vita infinitamente minima, pressochè invisibile, ma incessante. Le forme microscopiche, raccolte nei mari del polo australe nel viaggio antartico del capitano James Ross, presentano una ricchezza tutta particolare d' organizzazioni finora ignote e spesso d' un eleganza singolare. Fin nei residui dello struggimento dei ghiacci fluttuanti in masse rotonde, alla latitudine di 78° 10', si è trovato più di cinquanta specie di poligastrici siliciosi, e di coscinodischi, i cui ovarii ancora verdi provano, che hanno vissuto e lottato felicemente contro i rigori d' un freddo estremo. Nel golfo dell' Erebo lo scandaglio attinse, da 403 fino a 526 metri di profondità, sessantotto specie di poligastrici siliciosi e di fitolitarii, accompagnati d' una sola specie di politalamia con corsaletto calcare. »

Delle forme tutte microscopiche fino ad ora osservate esistenti nell' oceano, gl' infusorii siliciosi sono di molto i più abbondanti, quantunque l' analisi chimica delle acque marine non vi abbia trovato silice tra gli elementi essenziali (d' altro canto la silice non potrebbe esistere nell' acqua se non in istato di semplice miscuglio o di sospensione). Nè soltanto in alcuni punti isolati, nei mari interni o presso coste, è l' oceano così popolato di corpuscoli dotati di vita, invisibili ad occhio nudo; il fenomeno è generale. Dopo gli sperimenti che Schayer ha fatti nel suo ritorno dalla terra di Van Diemen su dell' acqua attinta nel mare, al mezzodì del Capo di Buona Speranza (al 57° di latitudine), ed in mezzo alla zona tropicale nell' Oceano Atlantico, si può ritenere come dimostrato che il mare, nel suo stato normale, senza particolare colorazione, racchiu-

de innumerevoli microscopici organismi effettivi, distinti affatto dai filamenti siliciosi del genere *chaetoceros*, natanti in istato frammentario come gli oscillatorii delle nostre acque dolci. Alcuni poligastrici, che si sono riscontrati commisti a sabbia e ad escrementi di pingioni nelle isole Cockburn, sembrano essere sparsi per tutta la terra; altre specie appartengono alle due regioni polari (21).

È dunque la vita animale, e le più recenti osservazioni confermano tale fatto, che domina di preferenza nell' eterna notte delle profondità oceaniche, mentre la vita vegetale, che abbisogna della periodica azione stimolante dei raggi solari, è più ampiamente diffusa sui continenti. La massa del vegetale organismo è incomparabilmente maggiore di quella degli animali. Che cosa è il numero dei grandi cetacei, dei pesanti pachidermi rincontro al volume dei tronchi d' alberi giganteschi, di 3 a 4 metri di diametro, che riempiono una sola regione selvosa dell' America settentrionale, come quella che si stende tra l' Orenoco, il fiume delle Amazzoni ed il rio da Madeira! S' egli è vero che il carattere di cadauna contrada della terra dipende da tutte insieme le apparenze esteriori; se i contorni delle montagne, la fisionomia delle piante e degli animali l' azzurro del cielo, la figura delle nubi la trasparenza dell' atmosfera concorrono a produrre ciò, che può chiamarsi la impressione totale, bisogna riconoscere altresì, che la causa principale determinante questa impressione è tutta l' ammantatura vegetale. Alle forme animali manca il carattere della grandiosità estensiva che colpisce, e la mobiltà propria degl' individui fa sì che si sottraggono il più delle volte ai nostri sguardi. Per lo contrario, la vegetazione animale agisce sull' imaginazione coll' amplitudine delle sue forme; in essa la massa indica l' età, e l' età vi si accoppia all' espressione di una forza sempre rinnovata (22). Nel regno animale (e questa considerazione è pur frutto dèlle scoperte di Ehrenberg), sono

propriamente gli enti animali, che sogliosi chiamare microscopici, i quali per la loro infinita suddivisione e rapida fecondità (23), occupano il più piccolo spazio individualmente ed in massa le più grandi estensioni. I più minuti infusorii, i monadini hanno, un diametro che non oltrepassa la 1500.ª parte d' un milimetro, e formano sotto il suolo delle regioni umide strati viventi di varii metri di spessore.

Nessuna zona va priva del dono di presentare all' uomo la universale vitalità della natura; ma in nessuna parte l' impressione ch' ei riceve è così potente come sotto l' equatore, nella patria de' palmizii, delle bambuse e delle felci arborescenti, dove dalle sponde d' un mare pieno di molluschi e di coralli, il suolo s' innalza fino alla regione delle nevi eterne. Gli enti vegetali e gli enti animati, nella loro generale distribuzione, non sono arrestati nè dall' altezza, nè dalla profondità. E' si internano nelle viscere della terra, col favore della ampie scavazioni praticate dal minatore; s' insinuano fin anco nelle caverne naturali chiuse da tutte parti ed in cui le acque meteoriche soltanto sembrano avere accesso; tanto che l' esplosione della polvere avendone aperto una per la prima volta, io ne trovai le pareti coperte di stalattiti bianche come la neve, sulle quali erano tesi i dilicati tessuti d' un' *usnea*. Podurelle s' introducono nei pozzi delle ghiacciaie del Monte Rosa, del Grindelwald e dell' Aar superiore; la *chionnea araneoides*, descritta da Dalman, e la microscopica *discerae nivalis* (già chiamata *protococcus*), vivono nelle nevi polari come in quelle delle nostre alte montagne. Il color rosso, che assume la neve antica (24), era già stato avvertito da Aristotele, probabilmente sui monti della Macedonia. Mentre sulle alte cime delle Alpi svizzere, alcune rare *lecidee*, *parmelie* ed *umbilicarie* colorano appena le rocce spoglie di neve si vedono ancora bei fanerogami, il *culcitium rufescens* lanoso, la *sida piehinchensis* e la *saxifraga Boussingaulti*, fiorire spartatamente sulle Ande

tropicali a 4550 ed anche a 4680 metri sopra il livello del mare. Le sorgenti termali contengono piccoli insetti (*hidroporus thermalis*), galionelle, oscillarii e conferve; le loro acque nutrono pure la capellatura delle radici di vegetabili fanerogami. Ma la vita non si sviluppa soltanto sulla terra, nell'acqua e nell'aria per le più differenti temperature, invade, altresì fino le parti interne più diverse degli animali. Il sangue della rana, quello del sermone sono ricetto di animaluncoli. Secondo Nordmann, gli umori dell'occhio dei pesci sono spesso pieni d'una specie di vermi succhianti (*diplostomum*); e lo stesso naturalista ha scoperto nelle branchie del ghiozzo un singolare animaluncolo doppio (*diplozoon paradoxum*), bicipite e bicaudato, e che quindi si svilluppa in forma di croce.

Quantunque l'esistenza di pretesi infusorii meteorici non sia più oggetto di dubbio, mal saprebbesi però negare la possibilità che piccoli infusorii possano essere trasportati passivamente dai vapori ascendenti nelle alte regioni dell'aere, in modo da ondeggiare qualche tempo nell'atmosfera e ricadere quindi sul suolo come il polline annuale dei pini (25). Questa circostanza è da aversi in alta considerazione per l'antica disputa della generazione spontanea (26); tanto più che Ehrenberg come già sopra osservammo, ha scoperto che la pioggia di fina polvere, la quale s'incontra sovente dai navigatori all'altezza delle isole del capo Verde ed anche a 380 miglia marittime dalla costa d'Africa, e tale che turba l'aere a guisa di nebbia, contiene gli avanzi di 18 specie d'infusorii poligastrici a corsaletti siliciosi.

Il complesso degli organismi, la cui ripartizione viene a risolversi nella geografia delle piante e degli animali, può essere considerato dal lato della varietà e del numero relativo delle forme tipiche, e quindi secondo la disposizione generale dei generi e delle specie, o pure dal lato del numero degl'in-

dividui di cui ogni specie si compone sopra una data superficie. Per le piante, come per gli animali, è un' importante distinzione il loro modo di vita, se isolato o sociale. Le specie, che io chiamai *piante sociali* (27), coprono uniformemente grandi superficie; a queste specie appartengono molte piante marine, le cladonie ed i muschi, che crescono nelle steppe dell' Asia settentrionale; l'erbe e le cactee, che crescono unite come canne d'organo; le avicennie ed i mangli nelle regioni tropicali; le foreste di coniferi e di betule sul litorale del Baltico e nelle pianure della Siberia. Questo modo speciale di geografica distribuzione, congiunto all' individuale figura dei vegetabili, alla loro grandezza, alla forma delle foglie e dei fiori, costituisce il tratto principale del carattere d' una contrada (28). Per quanto variata ed allettevole, per quanto idonea ad ispirarci sentimenti di simpatia o d' avversione, la vita animale, convien ripeterlo, è d' un aspetto troppo mobile, troppo sfuggevole per influire molto potentemente sulla fisionomia d' un paese; essa gli rimane pressocchè straniera. I popoli agricoltori accrescono artificialmente il dominio delle piante sociali; e danno così sembianza d' una natura uniforme a regioni intere delle zone temperate e della zona boreale; danno lo sfratto alle piante selvatiche, ed altre ne propagano a loro insaputa, le quali seguono l'uomo fino ne' suoi lontani tramutamenti. La ferace zona tropicale resiste più gagliardamente a queste violente innovazioni dell' ordine stabilito nella creazione.

Gli osservatori, i quali poterono percorrere rapidamente vaste regioni e salire montagne dove i climi si trovano a guisa di strati l'uno all' altro sovrapposti, dovettero presto sentirsi compresi dall' idea di una distribuzione regolare delle forme vegetali. Essi fecero raccolta di grossolani materiali per fondare una scienza, il cui nome non era ancora pronunciato. Le stesse zone o regioni vegetali, che nella sua gio-

ventù il cardinale Bembo (29), aveva distinte sui fianchi dell'Etna, nel secolo decimosesto, furono da Tournefort trovate sul monte Ararat. Più tardi gli paragonò ingegnosamente la flora delle Alpi con quelle delle pianure poste sotto differenti latitudini; mostrò per primo che l'altezza del suolo sopra il livello del mare influisce sulla distribuzione dei vegetali, come la distanza dal polo, quando si tratta delle pianure. Menzel, in una flora inedita del Giappone, proferì per accidente il nome di *Geografia delle piante*. Lo stesso nome si rinviene ancora ne' fantastici ma dilettevoli *Studii della Natura* di Bernardino di Saint Pierre. Ma la geografia delle piante non potè incominciare ad essere oggetto di scientifica pertrattazione se non allora ch'ebbesi fondata la dottrina della distribuzione del calore sulla terra collegandola a quella dei vegetabili; se non allora che fu dato di fare ordinamento *per famiglie naturali*; onde differenziare le forme che si moltiplicano da quelle che diventano più rare a mano a mano che si va dall'equatore verso i poli, e determinare le numeriche relazioni che ogni famiglia presenta, in ogni contrada, con la massa intera dalle fanerogame della medesima regione. Annovero tra le circostanze più felici della mia vita quella che al tempo in cui non mi occupava quasi d'altro che di botanica, i miei studii, favorito dall'aspetto d'una grandiosa natura ove si adunano i più diversi climi, abbiamo potuto rivolgersi al su riferito soggetto di disquisizioni.

La geografica distribuzione delle forme animali, sulla quale Buffon mise innanzi, prima d'ogni altro, generali considerazioni quasi sempre giuste, trasse in questi ultimi tempi molto profitto dai progressi della geografia delle piante. Le curvature delle linee isoterme, delle linee isochimene particolarmente si manifestano verso i limiti cui certe specie di vegetabili e certi animali non nomadi oltrepassano di rado, sia di verso i poli, sia verso la sommità delle montagne coperte di

neve. L'alce, p. e., vive nella penisola Scandinava sotto dieci gradi più al settentrione che nell' interno della Siberia, dove le linee d' uguale temperatura media dell' inverno ostentano una forma concava tanto singolare. Le piante emigrano in germe: la semente di molte è munita d'organi particolari per viaggiare a traverso l' atmosfera; una volta abbarbicata, dipende dal suolo e dall' aere ambiente. Gli animali, per lo contrario estendono a loro volontà il circolo delle loro migrazioni dall' equatore ai poli ma di preferenza del lato dove le linee isoterme *s' inarcano*, e dove calde estati succedono ad inverni rigorosi. La tigre reale, p. e., da ogni punto identico a quello dell' India Orientale, fa ogni estate correrie nel settentrione dell' Asia, fin alle latitudini di Berlino ed Amburgo siccome da Ehrenberg e da me fu in altra opera sviluppato (30).

L' aggruppamento o l' associazione delle specie vegetali, che si suol dinotare col nome di *Flora*, non mi sembra, da quanto sulla superficie della terra ho veduto, in nessuna guisa manifestare la predominazione di certe famiglie, tanto che sia possibile di assegnare geograficamente il regno delle ombrellacee, quello delle solidaginee, quello delle labiate o delle scitaminee. Le mie individuali vedute differiscono su questo punto da quelle di parecchi miei amici, chiari botanici dell' Allemagna. Il carattere delle flore nell' altopiano del Messico, della Nuova Granata e di Quito, nella Russia europea e nell' Asia settentrionale, non consiste, come io credo nel maggior numero relativo delle specie, che formano una o due famiglie naturali, ma sì nelle relazioni ben altramente complesse che nascono dalla coesistenza d' un numero grande di famiglie e dalla quantità relativa delle specie loro. In una contrada di praterie e di steppe predominano certamente le graminee e le ciperacee, come gli alberi con radici a piuolo, i cupuliferi e le betulinee regnano nelle nostre foreste del Set-

tentrione; ma questa predominanza delle forme è soltanto apparente; è un' illusione prodotta dall' aspetto particolare alle piante sociali. Il settentrione dell' Europa, e la Siberia nella zona nordica dell' Altai, non meritano il nome di regioni delle graminee o dei coniferi, più che gli sconfinati Llanos (tra l' Orenoco e la catena di Caraccas) o le foreste di pini del Messico. Nell' associazione vitale delle forme, le quali possono in parte surrogarsi l' una l' altra, nella loro importanza numerica e nel loro modo d'aggruppamento è riposto il carattere distintivo della varietà e della ricchezza o della povertà ed uniformità della vegetabile natura.

In questa sommaria considerazione dei fenomeni dell' organismo evendo preso le mosse dalla celletta più semplice (31), ho dovuto in qualche guisa per la serie ascendente delle forme risalire fino al primo soffio della vita. « Una certa quantità di mucilagginosi granellini produce per agglomerazione un *citoblasto* di figura determinata, intorno al quale un sacco membranoso viene a formarsi ed a costituire definitivamente la celletta chiusa. » Ora, un tal lavoro può essere stato provocato da una celletta già preesistente (32), così che una celletta nasca da un' altra, o meglio il processo generativo delle cellette è, come pei così detti filamenti della fermentazione, avvolto nell' oscuro velame d' un chimico elaboramento. Ma basti qui di toccare leggiermente il misterioso modo onde l'essere si manifesta. La geografia degli enti organici (delle piante e degli animali) non tratta che dei germi già sviluppati, accenna il loro domicilio volontario o quello per involontarie migrazioni, indaga le loro relazioni numeriche, descrive insomma la loro generale distribuzione sulla superficie del globo.

Imperfetto riuscirebbe il quadro universale della natura, che io tento di abbozzare, ove non avessi altresì il coraggio di delineare in pochi tratti la *specie umana* nelle sue fisiche

gradazioni, nella geografica distribuzione de' suoi tipi contemporanei, nell' influenza che le hanno fatto subire le forze terrestri e ch' ella ha alla sua volta, benchè più debolmente, esercitato sovra di esse. Soggetta, benchè in minor grado delle piante e degli animali, alle circostanze del suolo ed alle meteorologiche condizioni dell' atmosfera, per l' attività dello spirito, per lo svilupparsi progressivo dell' intelligenza, non meno che per quella meravigliosa flessibilità d' organizzazione che si spiega a tutti i climi, l' umana specie si sottrae più agevolmente alle potenze della natura, mentre prende una parte essenziale a tutta intera la vita che anima il nostro globo. Egli è per questi riferimenti che l' oscuro e sì controverso problema della possibilità d'un origine comune appartiene alla sfera delle idee abbracciate dalla fisica descrizione del mondo. La prescrutazione di questo problema contrassegnerà, se posso così esprimermi, d'un più nobile e puro interesse per l'umanità lo scopo finale del mio lavoro. L' immenso dominio delle lingue, nella struttura sì svariata delle quali si riverberano arcanamente le attitudini dei popoli, è sommamente prossimo a quello della parentela delle razze; e ciò che sono capaci di produrre fin le più piccole diversità di razza, lo impariamo dalla squisita intellettuale coltura della ellenica nazione. I più importanti quesiti della storia dell' umano incivilimento si collegano alle idee dell' origine dei popoli, della parentela delle lingue, dell' immutabilità di una primordiale direzione dell'animo e dell' intelletto.

Fin tanto che si rimase soltanto agli estremi nella variazione del colore e della figura, e si die' luogo alla vivacità delle prime impressioni, predominò la tendenza a considerare le razze non come semplici varietà, ma come stipiti umani originariamente distinti. La permanenza di certi tipi (33), malgrado le influenze più contrarie delle cause esteriori, particolarmente del clima, sembrava favoreggiare una tale ipotesi,

per quanto brevi sieno i periodi di tempo di cui ci è pervenuta la storica cognizione. Se non che più potenti ragioni, a parer mio, parlano in favore dell'unita della specie umana, come sono, le numerose gradazioni (34) del colore della pelle e della struttura del cranio, che i rapidi progressi della geografica scienza ci hanno fatto conoscere in questi ultimi tempi; l'analogia che seguono, degenerando, altre classi d'animali così domestici come selvaggi; le più accertate osservazioni che si sono potute raccogliere sui limiti della fecondità dei bastardi (35). La maggior parte delle differenze, che una volta si aveva creduto di riscontrare, è svanita rimpetto all'industre lavoro di Tiedemann sul cervello dei Negri e degli Europei, rimpetto alle anatomiche investigazioni di Vrolik e di Weber sulla configurazione del bacino. Abbracciando nella loro generalità le nazioni africane di colore fosco, sulle quali l'opera fondamentale di Prichard ha sparso cotanta luce, e paragonandole quindi con le tribù dell'arcipelago meridionale dell'India e dell'isole dell'Australia occidentale, coi Papù e gli Alfurù (Harafori, Eudameni), scorgesi chiaramente, che la tinta nera della pelle, i capelli crespi ed i tratti della fisionomia negra non sono in alcuna guisa l'uno all'altro sempre congiunti (36). Fin tanto che solo una scarsa parte della terra fu dischiusa ai popoli dell'Occidente, dovettero predominare vedute affatto limitate fra essi. Il calore cocente dei tropici ed il nero colore della carnagione sembrarono inseparabili. « Gli Etiopi, cantava l'antico tragico Teodette di Faselis (37), deggiono al dio del sole, che s'approssima ad essi nel suo corso, la fosca lucentezza della fuliggine di cui li pinge; la vampa solare arriccia loro arsicciandoli i capelli. » Furono le conquiste d'Alessandro, le quali suscitarono tante idee di fisica geografia, quelle che diedero pur moto alla disputa intorno la problematica influenza dei climi sulle umane stirpi. « Le famiglie degli animali e delle piante », dice uno dei più

grandi notomisti dell'età nostra, Giovanni Müller nella sua *Fisiologia dell' uomo*, si modificano durante la loro propagazione sulla superficie della terra fra i limiti che determinano le specie ed i generi. Esse si perpetuano organicamente come tipi della variazione delle specie. Dal concorso di differenti cause, di diverse combinazioni tanto interne quanto esterne, le quali non si saprebbero individuare, sono nate le presenti razze degli uomini di cui le varietà più singolari si trovano in quelli che sono suscettivi della più ampia dilatazione sulla terra. Le razze umane sono le forme d' una specie unica, le quali si accoppiano rimanendo feconde e si propagano con la generazione. Non sono specie d' un genere: elle sarebbero le ultime, poichè i loro bastardi non riuscirebbero prolifici. Se le umane stirpi discendeano da uno o da più uomini primitivi, è cosa che non si può discoprire per mezzo dell'esperienza » (58).

Le ricerche geografiche sulla sede primordiale, o, come si dice, sulla culla della specie umana, hanno nel fatto un carattere puramente mitico. « Noi non conosciamo, dice Guglielmo di Humboldt, in un lavoro ancora inedito sulla diversità delle lingue e dei popoli, nè storicamente nè per alcuna certa tradizione, un momento in cui l' umana specie non sia stata separata in gruppi di popoli. Se questo stato di cose ha esistito fin dall' origine, o si è prodotto più tardi, è ciò che non si saprebbe decidere per mezzo della storia. Isolate leggende che si riscontrano sopra punti i più diversi della terra, senza forse comunicazione apparente, contraddicono alla prima ipotesi, e fanno discendere il genere umano tutto intero da una coppia unica. Questa tradizione è così diffusa che venne talvolta riguardata come una primitiva rimembranza degli uomini. Una tale circostanza però proverebbe più tosto, che non havvi in ciò alcuna trasmissione reale d' un fatto, alcun fondamento veracemente storico, e che soltanto l' identità del-

l' umano concepimento guidò ovunque ad una spiegazione simile d' un identico fenomeno: nella stessa guisa un gran numero di miti, senza storico legame, debbono la loro origine e simiglianza alla parità degli umani pensamenti, delle intellettuali speculazioni. Ciascuna tradizione porta in sè talmente l' impronta dell' umano figmento, ch' essa pretende di spiegare il fenomeno fuori d' ogni sperienza della prima origine della umana specie d' una maniera conforme alla sperienza de' nostri giorni, la maniera onde, in un tempo in cui l' umano genere intero aveva già traversato migliaia d' anni, può un' isola deserta od un vallone isolato nelle montagne essere stato popolato. Invano il pensiero s' immergerebbe nella meditazione del problema di questa prima origine; l' uomo è sì strettamente legato alla sua specie ed al tempo, che non si saprebbe imaginare un essere umano che venga al mondo senza una famiglia già esistente e senza un passato. Poichè dunque la questione non può essere risolta nè per la via del raziocinio nè per quella dell' esperienza, si dovrà forse pensare che lo stato primitivo, quale ce lo ritragge una pretesa tradizione, sia realmente storico, o pure che la specie umana fin dal suo principio abbia popolato la terra a torme? La scienza delle lingue nè può decidere da sè stessa, nè dee cercare altrove una soluzione per giovare alla spiegazione delle proprie questioni.

L'umanità si distribuisce in semplici varietà, le quali vengono contrassegnate con la parola alquanto in vero indeterminata di *razze*. Del pari che nel regno vegetale, nella storia naturale degli uccelli e dei pesci, è più sicuro d' aggruppare gl'individui in un gran numero di famiglie che d' unirli in un piccolo numero di sezioni abbraccianti masse considerevoli; ugualmente nella determinazione delle razze parmi preferibile lo stabilire piccole famiglie di popoli. O si segua l'antica classificazione del mio maestro Blumenbach in cinque razze

(Caucasica, Mongolica, Americana, Etiopica e Malese), o pure con Prichard si riconoscano sette razze (39) (Iraniana, Turonica, Americana, degli Ottentotti e Buscmani, dei Negri, dei Papua e degli Alfurù), è sempre vero che non si ravvisa alcuna tipica differenza, alcun naturale principio di divisione in tali gruppi. Si separa ciò che sembra formare gli estremi della faccia e del colore, senza pigliarsi pensiero delle famiglie di popoli che non vengono comprese in quelle classi, e che piacque di nominare ora scitiche, ora allofiliche razze. *Iraniani* è certamente pei popoli d' Europa una denominazione meno impropria che quella di *Caucasei*; però in generale bisogna confessare che le geografiche appellazioni come indicazione di razze sono estremamente indeterminate, specialmente quando il paese che dee dare il suo nome ad una razza, come, per esempio, il Turan (Mawerannahr) sia stato abitato, in diversi tempi (40), dagli stipiti di popoli più diversi, d'origine indogermanica e finnica, ma non mongolica.

Le lingue, come creazioni intellettuali dell' umanità, come profondamente inerenti al suo spirituale sviluppamento, hanno, per quella impronta nazionale ch' è loro propria, un' alta importanza per aiutare a riconoscere la rassomiglianza o la diversità delle razze. Una tale importanza deriva da questo, che la comunità della loro origine è un filo conduttore, mediante il quale si penetra nel misterioso labirinto in cui l'unione delle fisiche disposizioni del corpo coi poteri dell' intelligenza si manifesta sotto mille forme diverse. Gli splendidi progressi che lo studio filosofico delle lingue ha fatti in Allemagna da non anco un mezzo secolo, facilitano le investigazioni sul loro carattere nazionale (41), su ciò ch' elle sembrano dovere alla parentela dei popoli che le parlano. Ma, come in tutte le sfere della speculazione ideale, accanto alla speranza d' un ricco e sicuro bottino sta il pericolo delle illusioni.

Positivi etnografici studii, sorretti da una cognizione pro-

fonda della storia, c'insegnano che conviene apportare una grande cautela in questa comparazione dei popoli e delle lingue di cui essi hanno fatto uso in un'epoca determinata. La conquista, una lunga convivenza, l'influsso d'una religione straniera, il mescolamento delle razze, ancorchè operatosi spesso da uno scarso numero d'immigranti più forti e più inciviliti, hanno prodotto un fenomeno che si riscontra ad un tempo in ambo i continenti, cioè, che famiglie di lingue affatto diverse possono trovarsi in una sola e medesima razza, e che presso popoli affatto diversi d'origine possono trovarsi idiomi d'un medesimo stipite di lingue. Gli asiastici conquistatori hanno più potentemente contribuito ad un tale doppio e singolare fenomeno.

Il linguaggio è però una parte integrante della storia naturale dello spirito; e quantunque lo spirito, in una felice indipendenza, segua costantemente le leggi a sè stesso imposte sotto le più diverse fisiche influenze, e la libertà sua propria si sforzi di sottrarlo a tali tiranniche posse, tuttavolta ei non saprebbe francarsi interamente dai legami che lo incatenano alla terra. Rimane pur sempre qualche cosa di ciò che appartiene alle naturali disposizioni d'origine, al clima, alla serenità d'un cielo azzurro, o ad una torbida atmosfera carca di vapori. Ora, ancorchè la ricchezza e la grazia nella struttura d'una lingua sieno opera del pensiero, da cui nascono come dal più dilicato fiore dello spirito, contuttociò, stante l'intimo legame che pur havvi tra le due sfere della natura fisica e dell'intelligenza o del sentimento, non abbiamo voluto che il nostro quadro dell'universo andasse privo di quel tanto di luce e di colorito che queste franche, benchè sommarie, considerazioni sulle relazioni delle stirpi e delle lingue gli potevano per avventura apprestare.

Sostenendo noi l'unità della specie umana, rigettiamo per conseguenza la disgraziata ipotesi di razze superiori e di raz-

ze inferiori (42). Certamente si danno famiglie di popoli più suscettive di polimento, più altamente incivilite, più illuminate, ma non di più nobile schiatta di altre. Tutte sono ugualmente fatte per la libertà; per quella libertà, che in uno stato di società rozzo ancora appartiene all'individuo soltanto, ma che, presso le nazioni chiamate al godimento di vere istituzioni politiche, è il diritto della comunità intera. « Quando noi vogliamo additare un'idea, la quale si rivela a traverso la storia estendendo ognora più il suo impero, un'idea la quale, meglio d'ogni altra, prova il fatto sì spesso contrastato, ma più spesso ancora mal compreso, della perfettibilità generale della specie, » ell'è l'idea dell'umanità: gli ostacoli, le barriere cui pregiudizii e mire parziali d'ogni sorta hanno elevato fra gli uomini, per essa spariscono; e l'umano genere tutto insieme, senza divario di religione, di nazione e di colore, sorge per essa a costituire come una grande famiglia di fratelli, come un corpo unico avviato verso un solo e medesimo scopo, il libero sviluppamento delle forze morali. Questo scopo è lo scopo finale, lo scopo supremo della sociabilità, ed in pari tempo la direzione imposta all'uomo dalla sua propria natura per l'aggrandimento indefinito della sua esistenza. Egli abbraccia con lo sguardo la terra fin quanto lungi si estende, il cielo fin quanto lungi può scoprirlo, fiammeggiante di stelle come, sua intima proprietà, come un doppio campo dischiuso alla sua attività fisica ed intellettuale. Di già il fanciullo anela di valicare le montagne ed i mari che circoscrivono la sua angusta dimora; e ripiegandosi in sè stesso come la pianta, anela il ritorno. Il commovente ed il bello nell'uomo è questa bramosia di ciò ch'ei vuol conseguire e di ciò che ha perduto; è dessa che lo preserva d'attaccarsi d'un modo esclusivo al momento presente. Così, radicata nel profondo della natura umana comandata in pari tempo dalle sue più sublimi tendenze, questa unione benevola e fraterna della specie intiera di-

venta una delle grandi idee luminose della storia dell' umanità (43). »

Con queste parole, le quali attingono la loro dolcezza nella profondità dei sentimenti, sia permesso ad un fratello di chiudere la descrizione generale dei fenomeni della natura nel seno dell' universo. Dalle nebulose più lontane e dalle circolante gemine stelle siamo discesi fino ai corpi organici più piccoli del regno animale nel mare e sulla terra, fino ai germi dilicati di quelle piante, che tappezzano la roccia ignuda sulle pendici delle montagne smaltate di ghiaccio. Con la scorta di leggi conosciute abbiamo potuto coordinare tutti cotesti fenomeni. Altre leggi, d' un' indole più misteriosa, dominano nelle regioni più elevate del mondo organico, nella sfera della specie umana, con le sue conformazioni diverse, coll' energia creatrice dello spirito di cui è dotata, con le lingue svariate che ne sono il prodotto. Un quadro fisico della natura s' arresta là dove la sfera dell' intelligenza comincia, dove lo sguardo s' immerge in un mondo differente. Questo limite, io lo segno, nè lo trapasso.

ANNOTAZIONI.

---

(1) pag. 19. Questa espressione è tratta da una bella descrizione di foresta che si trova in *Paolo e Virginia*, di Bernardino di Saint-Pierre.

(2) pag. 21. Queste comparazioni sono soltanto approssimative. Eccone gli elementi esatti, vale a dire le altezze al di sopra del livello del mare: lo *Schneekoppe* o *Riesenkoppe* nella Slesia, 1606 metri, secondo il Hallaschka; il Rigi, 1799 m., ammettendo 435 m. per l'altezza della superficie del lago dei Quattro Cantoni (Eschmann, *Notizia delle misure trigonometriche nella Svizzera*, 1840, p. 230); il monte *Athos*, 2065 m., secondo il capitano Gauttier; il monte *Pilato*, 2300 m.; l' *Etna*, 3314 m., secondo il capitano Smyth (questa altezza à di 3315 giusta una barometrica misura di sir Giovanni Herschell, cui questo dotto ebbe la compiacenza di comunicarmi per iscritto nel 1825, e di 3322 m., giusta gli angoli di altezza misurati da Cacciatore a Palermo, e calcolati ammettendo 0076 pel valore della rifrazione terrestre); lo *Scherckhorn*, 3079 m., la *Jungfrau*, 4181 m., secondo Tralles; il *Monte Bianco*, 4808 m.; secondo diverse misure discusse da Roger (*Bibl. univ.*, maggio 1828, p. 24-53), 4795 m., secondo le misure prese dal monte Colombier, nel 1821, da Carlini, e 4800 m., secondo gl'ingegneri austriaci, che lavorarono a Trélod e sulla ghiacciaia d' Ambiu (l'altezza effettiva delle montagne della Svizzera varia di circa 7 m., secondo Eschmann, a motivo dello spessore variabile dello stratto di neve che ne copre le sommità); il *Cimborazo*, 6529 m., giusta le mie misure trigonometriche (Humboldt, *Rec. d' obser. astr.*, t. I, p. LXXIII); il *Davalagiri*, 8556 m. Siccome tra le determinazioni di Blake e quelle di Webb si trova una differenza di 136 m., conviene osservare qui che non saprebbesi prestare la stessa fede alla misura del Davalagiri (montagna bianca, secondo il sanscrito *dhawala*, bianco, e *giri*, montagna) come a quella del *Jawahir* (7848 m.), perchè quest' ultima si fonda sopra un'operazione trigonometrica completa (Ved. Herbert ed Hodgson nelle *Asiat. Res.*, vol. XIV, p. 189, *Supp. to Brit. Encycl.* vol. IV, p. 643). Io ho mostrato altrove (*Ann. des scien. nat.*, marzo 1825), che l'altezza del Davalagiri (8558 m.) dipende ad un tempo da più elementi alquanto incerti (azimuti e latitudini astronomiche) (Humboldt, *Asie centrale*, t. III, p. 282). Si è creduto ma senza fondamento che esistessero nella *catena Tartarica* (al nord del Tibet, rimpetto alla catena di Kuen-lun) diversi picchi nevosi di 30,000 piedi inglesi d' altezza (9144 m., quasi il doppio dell'altezza del Monte Bianco), e almeno di 29000 p. ingl. = 8839

(*Capt. Alexander* Gerard' s and John Gerard' s Journey to Boorendo Pass, 1840, vol. I, p. 143 e 311). Il Cimborazo è indicato nel testo soltanto come « uno dei picchi più elevati della catena delle Ande, » perchè nel 1827, il dotto e valente viaggiatore sig. Pentland ha misurato nella sua memorabile spedizione nell' Alto Perù (Bolivia), due montagne situate all' oriente del lago di Titicaca, il Sorata (1696 m.), e l' Illimani (7315 m.), i quali oltrepassano di molto l'altezza del Cimborazo (6530 m.), e che arrivano quasi a quella del Jawahir, la più grande montagna che sia stata misurata fiuo ad ora nell'Imalaia. Così, il Monte Bianco (4808 m.) e 1721 m. al disotto di Cimborazo; il Cimborazo, 1165 m. al disotto del Sorata; il Sorata, 154 m. al disotto del Jawahir, ma probabilmente 863 m. al di sotto del Diavalagiri. Le altezze sono riferite in questa nota con estrema esattezza, perchè false riduzioni hanno introdotte, in un gran numero di carte e di profili recenti, risultamenti erronei del tutto. Giusta una nuova misurazione dell' Illimani fatta da Petland nel 1838, l' altezza di tale montagna è di 7275 m., la differenza con la misura del 1827 è appena di 41 m.

(3) pag. 22. La mancauza di palmizii e di felci arborescenti sulle pendici temperate dell' Imalaia è stabilita dalla *Flora Nepalensis* di Don (1825), del pari, che dalle notabili tavole litografiche della *Flora indica* di Wallich, catalogo che contiene l' enorme numero di 7683 specie d' Imalaia, quasi tutte fanerogame ; lo studio però e la classificazione loro sono rimasti incompiuti. Nel Nepaul (lat. 26° 1/2 — 27° 1/4) non conosciamo finora, che una sola specie di palma, la *Chamaerops Martiana Wall.* (*Plantae Asiat.*, T. III. p. 5, t. 221), che cresce ad un' altezza di 1600 m. sopra il livello del mare, nella valle ombrosa di Bunipa. La magnifica felce arborescente *Alsophila Brunionana Wall.*, di cui il Museo brittanico possiede dal 1831 un tronco di 15 m. di lunghezza non cresce nel Neupal, ma nelle montagne di Silhet, al N. - O. di Calcutta, per 24° 50' di latit. La felce di Neupal, *Paranema cyathoides Don.*, altre volte *Sphaeroptera barbata* (*Pl. Wall. Asiat.*, t. I, p. 42, t. 48), si approssima in vero alla *Cyathea* di cui ho veduto, nelle missioni di Caripo dell'America del Sud, una specie di 10 m. d' altezza, ma essa non è un albero a parlare propriamente.

(4) pag. 22. *Ribes nubicola*, *R. glaciale*, *Ribes gossularia*. Le specie che caratterizzano la vegetazione dell' Imalaia sono quattro pini, malgrado una asserzione degli antichi sull' « Asia orientale » (Strabone, lib. IX, p. 510 Cas.), venticinque querce, quattro betulle, due *aesculus* (una grande scimia bianca a faccia nera vive sul castagno selvatico alto 30 m. che cresce nel reame di Cascemir, fino al 33° grado di latitudine : Carl von Hügel, *Kaschmir*, 1840, 2. parte, p. 149, ted.), sette aceri, dodici salci, quattordici rosai, tre piante di fraghe, sette specie di rose alpine (*Rhododendra*), di cui una giunge all' altezza di 6 m., e molte altre specie settentrionali. Tra i coniferi, si rinviene, il *Pinus Deodwara* o *Deodara* (in sanerito *dewa-daru*, legname da costruzione degli dei), il quale si avvicina molto al *Pinus cedrus*. Presso le nevi eterne fanno bella mostra i grandi fiori della *Gentiana venusta*, *G. Moorcroftiana*, *Swertia purpurascens*, *S. Speciosa*, *Parnassia armata*, *P. nubicola*, *Paeonia*, *Emodi*

Tulipa stellata; e fino, accanto alle varietà dei generi dell' Europa, particolari alle montagne dell' India troviamo vere specie europpe, come il *Leontodon taraxacum*, la *Prunella vulgaris*, il *Galium aparine*, il *Thlaspi arvense*. L' ericeto, mentovato già da Sauders nel viaggio di Turner, e che allora era stata confusa colla *Calluna vulgaris*, è un' Andromeda, fatto della più alta importanza per la geografia delle piante dell' Asia. Se mi son valso in questa nota d' espressioni poco filosofiche, come *generi d' Europa*, *specie europee*, *che crescono nell'Asia in istato selvaggio*, è una conseguenza dell'uso del linguaggio della vecchia botanica la quale, all' idea d' una larga disseminazione e più tosto della coesistenza delle organiche produzioni, ha molte dogmaticamente sostituito l' ipotesi favolosa d'un' immigrazione ch'essa suppone anzi, nella sua predilezione per l'Europa, aver proceduto dall' Occidente verso l' Oriente.

(5) pag. 22. Sul dorso meridionale dell'Imalaia, il limite delle nevi perpetue si trova a 3957 m. sopra il livello del mare, e sul dorso settentrionale, o più tosto sui picchi i quali s' innalzano a 5067 m., dal 30° 1/2 fino al 32° di lat.; mentre all' equatore, questo limite si trova sulla catena delle Ande di Quito ad un'altezza di 4813 m. Tal è il risultamento ch' io ho dedotto dalla combinazione d' un gran numero di dati di Webb, di Gerard, di Herbert e di Moorcroft. (V. le mie due *Mémoires sur le montagnes de l' Inde* del 1816 e del 1820, negli *Annales des Chimie et de Physique*, t. III, p. 303; t. XIV, p. 22, 50). Questa maggiore altezza, alla quale il limite delle nevi eterne si trova rilegato sulla pendice tibetana, è la conseguenza dell' irradiamento delle alte pianure vicine, della purezza del cielo e della rara formazione della neve in un' aria freddissima e sommamente asciutta. Humboldt, *Asie centrale*, (t. III, p. 281-326). La mia opinione sulla differenza di altezza della neve e dai due lati dell'Imalaia aveva per sè la grande autorità di Colebrooke. « Dai documenti ch' io posseggo, egli mi scriveva in giugno 1824, trovo anch' io che l' altezza delle nevi eterne è di tredicimila piedi inglesi (3962 m.). Sul dorso meridionale e per 31° di latitudine, le misure di Webb mi danno 13500 piedi inglesi (4115 m.), quindi 500 piedi (152 m.) di più che le osservazioni del capitano Hodgson. Le misure di Gerard confermano compiutamente la vostra opinione, e provano che la linea delle nevi è più alta al settentrione che al mezzodì ». Non prima di questo anno soltanto (1840) abbiamo finalmente avuto stampato il diario completo dei due fratelli Gerard per le cure di Lloyd. (*Narrative of a Journey from Caunpoor to the Boorendo pass in the Himalaya, by capt. Alexander Gerard and John Gerard, edited by George Lloyd*, vol. I, p. 291, 311, 320, 327 e 341). Si trovano molte particolarità sopra alcune località nella *Visit to the Shatool. for the purpose of determining the line of perpetual snow on the southern face of the Himalaya, in aug.* 1822; ma sfortunatamente questi viaggiatori confondono sempre l'altezza in cui cade la neve sporadica col massimo d'altezza a cui la linea delle nevi arriva sull'altopiano tibetano. Il capitano Gerard distingue le sommità che sorgono in mezzo all' altopiano, e dove determina il limite delle nevi eterne fra 18000 e 19000 p ingl. (da 5486 a 5791 m.) delle pendici settentrionali della catena dell'Imalaia, che fi ncheggiano lo stretto traver

sato dal Sutledge, e di cui l'altopiano, profondamente solcato, non può raggiare molto calore. L' altezza del borgo di Tangno è di 9300 p. ingl. (2835 m. soltanto, mentre quella dell'altopiano che attornia il mare sacro di Manasa dev' essere di 17000 p. ingl., o di 5181 m. Laonde, verso il punto ove la catena si trova interrotta, il capitano Gerard ha incontrato la neve 500 p. ingl. (152 m.) più bassa sul dorso settentrionale che sul meridionale che sta di contro all' Indostan, e si valuta a 15000 p. ingl. (4572 m.) l' altezza delle nevi eterne. La vegetazione dell' altopiano tibetano presenta differenze notabili con quella delle pendici meridionali della catena dell'Imalaia. Su queste, le messi s' arrestano a 3040 m., sono anzi falciate quando gli steli sono verdi; il limite superiore delle foreste dove crescono ancora grandi querce e pini Devadaru, è a 3645 m.; quella delle betulle nane a 3957 m. Sui piani elevati, il cap. Gerard ha veduto pascoli fino ad un'altezza di 5184 m.; i cereali riescono ancora a 4300 ed anche a 5650 m.; le betulle d' alto fusto, a 4300 m., e si trovano de' boschi cedui che servono di combustibile fino a 5200 m.; vale a dire 390 m. sopra il limite inferiore delle nevi eterne sotto l' equatore, a Quito. È d' altro canto a desiderare che l'altezza media dell'altopiano tibetano, stabilita da me in 2500 m. soltanto tra l' Imalaia ed il Kuenlun, del pari che la differenza d' altezza delle nevi sul dorso del sud e su quello del nord, sieno determinate di nuovo da viaggiatori abituati a giudicare della configurazione generale del suolo. Troppo spesso finora si sono confuse semplici valutazioni con misure effettive, e l'altezza dei picchi isolati con quella degli altipiani circostanti. (Si consultino le ingegnose osservazioni sull' ipsometria di Carlo Zimmermann, nella sua *Analisi della carta geografica dell'Asia centrale*, 1841, p. 98, ted.). Lord indica la differenza, che presentano i due dorsi dell'Imalaia e quelli della catena alpina dell' Indukusch, per riguardo ai limiti delle nevi eterne. « In questa ultima catena, egli dice, l' altopiano è situato al sud, e quindi l' altezza delle nevi è maggiore sul dorso meridionale; il contrario ha luogo per l' Imalaia, il quale è limitato al sud da calde pendici, come l'Indukusch lo è a settentrione ». I dati ipsometrici di cui qui si tratta hanno bisogno, è vero, d' una revisione critica per le particolarità; essi bastano tuttavia a stabilire questo fatto capitale, che l' ammirabile configurazione del suolo dell'Asia centrale offre alla specie umana tutto ciò ch'è necessaria al suo incremento, l'abitazione, il nutrimento ed il combustibile, e questo, ad un'altezza sopra il livello del mare in cui in ogni luogo non s' incontrano che ghiacci eterni. Si eccetui nondimeno l' arida Bolivia dove le nevi sono sì rare. Pentland, nel 1838, ha determinato il loro limite ad un' altezza media 4775 m., tra 16° e 17° 3/4 di latitudine australe. Le misure barometriche di Vittore Jacquemont, vittima acerba d' un nobile ed infaticabile ardore, hanno confermato nel modo più compiuto l'opinione ch' io aveva emmessa sulla differenza dei due dorsi dell'Imalaia, per riguardo all'altezza delle nevi (V. la sua Corrispondenza durante il suo viaggio nell' India, 1828-1832, lib. XXIII, p. 200. 296, 299). « Le nevi perpetue, dice Jacquemont, discendono più basso sul pendio meridionale che sulle pendici settentrionali, ed il loro limite s' innalza costantemente a misura che si allontana verso il nord della catena che fiancheggia

l' Indo. Sul Col di Kiubrong a 5581 m. secondo il capitano Gerard io mi trovai ancora molto al di sotto del limite delle nevi perpetue che in quella parte dell'Imalaia io crederei di 6000 » (valutazione troppo, forte). » A qualunque altezza si ascenda sul pendio meridionale dell'Imalaia, dice il suddetto viaggiatore, sempre il clima conserva lo stesso carattere, la stessa distribuzione di stagioni che nelle pianure dell'India; il solstizio d'estate vi riconduce ogni anno pioggie, che cadono senza interruzione fine all' equinozio di autunno. Ma subito a Cascemir, di cui valuto l' altezza a 5350 p. ingl. » (1650 m. quasi l' altezza delle città di Merida e di Popayan) « comincia un nuovo clima affatto differente. » (*Corrispondenza di Jacquemont*, t. II, p. 58 e 74). L' aria calda ed umida del mare, trasportata dai monsoni a traverso le pianure dell' India, arriva e si ferma alle pendici avanzate dell'Imalaia, secondo l'ingegnosa osservazione di Leopoldo di Buch, e non stravasa sulle regioni tibetane di Ladak e di Lassa. Carlo di Hügel stima l' altezza della vallata di Cascemir sopra il livello del mare a 5818 p. ingl. o a 1775 m., secondo il punto d' ebollizione dell' acqua (II. parte, p. 155, e *Journal of Georg, Soc.*, t. VI, p. 215). A 34° 7′ di latitudine, si trovano varii piedi di neve, da dicembre fino a marzo, in quella vallata dove l' atmosfera non è quasi mai agitata dai venti.

(6) pag. 23. Veggesi in generale il mio *Essai sur la Geographie des plantes et Tableau physique des Régions équinoxiales*, 1807, p. 80-88 sulle variazioni di temperatura del giorno e della notte, veggasi la tavola 8 del mio *Atlas géogr. et phys. du Nouveau Continent*, e le tavole della mia opera *De distributione geographica plantarum secundum coeli temperiem et altitudinem montium*, 1817, p. 90-116 ; la parte meteorologica della mia *Asie centrale*, t. III, p. 212-224, e finalmente l' esposizione più nuova e più esatta delle variazioni, che subisce la temperatura in proporzione dell' altezza della catene delle Ande, nella Memoria di Brossingault *Sur la profondeur à laquelle on trouve sous les tropiques la couche de température invariable* (*Ann. de chimie et de physique*, 1833, t. LIII, p. 225-247). Tale trattato contiene le altezze di centoventi punti compresi tra il livello del mare ed il dorso d'Antisana (5457 m.), ugualmente che la determinazione della loro temperatura media atmosferica, la quale varia, secondo l' altezza, da 27°, 5 a 1° 7.

(7) pag. 26. Veggasi sul *Madhiadêsa* propriamente detto l' eccellente *Archeologia indiana* di Lassen, vol. I, p. 92 (ted.) I Chinesi appellano *Mo-kie-thi* il Bahar meridionale situato a mezzodì del Gange; veggasi *Fo-koue-ki*, per Chy-Fe-Hian, 1836, p. 256. *Giambu dwista* è l'India intera; ma questa parola significa pure talvolta uno dei quattro continenti buddici.

(8) pag. 26. *Della lingua havvi nell' isola di Giava, con un'introduzione sulle diverse costruzioni delle lingue e sull' influenza ch' esse esercitano sullo svilluppamento dello spirito umano*, per Guglielmo di Humboldt, 1836. vol. I, p. 5-310 (ted.).

(9) pag. 27. Questo verso trovasi in una elogia di Schiller, che comparve la prima volta nell' *Horen* del 1795.

(10) pag. 30. Il micrometro oculare d' Arago perfezionamento felice del

micrometro prismatico o a doppia rifrazione di Rochon Veggasi la *Nota* di Mathieu nella *Histoire de l' Astronomie au dix-huitième siècle*, di Delambre, 1827. p. 651.

(11) pag. 32 Carus, *Sulle parti rudimentarie delle ossa e delle scaglie*, 1828, § 6 (ted.)

(12) pag. 33. Plut. *in Vita Alex. Magni*, cap. 7.

(13) pag. 37. Le determinazioni generalmente invalse sul punto di fusione delle sostanze refrattarie sono esagerate. Secondo le ricerche sempre sì esatte di Mitscherlich, il punto di fusione del granito non oltrepassa 1300° centigr.

(14) pag. 38. Veggasi la classica opera di Luigi Agassiz sui pesci del mondo antediluviano: *Rech. sur les poissons fossiles*, 1834, vol. I, p. 38; vol. II, p. 3, 28, 34. Addit. p. 6 L'intera specie *Amblypterus* Ag., che si avvicina a quella *Palaeoniscus* (dianzi chiamati *Palaeothrissum*), è sepolta sotto le formazioni del Jura nell' antico terreno carbonifero. Le squame dei pesci della famiglia dei Lepidoidi (ordine dei Ganoidi) formano come una specie di denti in certi siti e sono coperte di smalto; esse appartengono alle più antiche specie di pesci fossili dopo i Placoidi; si trovano ancora rappresentanti vivi di tali specie in due pesci, il *Bichir* del Nilo e del Senegal, ed il *Lepidosteus* dell' Ohio.

(15) pag. 39. Göethe, ne' suoi *Aferismi sulle scienze naturali* (*Opere di Göethe*, piccola ediz. del 1833, vol. 1, p. 155).

(16) pag. 46. Scoperte d'Arago nel 1811 (Delambre, *Histoire de l'Astron.*, passo già citato, p. 652).

(17) pag. 47. Göethe, *Aforismi sulla natura* (*Opere*, vol. L, p. 4).

(18) pag. 48. *Pseudo Plato, Alcib.*, II, p. 148, ed. Steph.; Plut. *Instituta canonica*, p. 253, ed Hutten.

(19) pag. 54. La *Margarita philosophica* del priore della Certosa di Friburgo, Gregorio Reisch, comparve prima col titolo seguente: *Aepitome omnis philosophiae, alias Margarita philosophia, tractans de omni genere scibili.* L'edizione di Eidelberga (1486), e quella di Strasburgo (1504) portano ugualmente questo titolo; ma la prima parte ne fu soppressa nell'edizione di Friburgo dello stesso anno e nelle dodici edizioni posteriori che si succedettero a brevi intervalli fino al 1535. Tale opera ha esercitato una grande influenza sulla diffusione delle cognizioni matematiche e fisiche verso il principio del sedicesimo secolo, e Chasles, il dotto autore dell'*Aperçu historiques des methodes en géométrie* (1837), ha fatto vedere quanto l'Enciclopedia di Reisch sia importante per la storia delle matematiche nel medio evo. Io mi sono giovato d' un passo della *Margarita philosophica* che si trova in una sola edizione, quella del 1513, per rischiarare l' importante questione delle relazioni del geografo di San Diè, Hilacomilus (Martino Waldscemüller), il primo che abbia dato il nome d' America al Nuovo Continente (1507), con Amerigo Vespucci, col re Renato di Gerusalemme, duca di Lorena, e con le celebri edizioni di Tolomeo del 1513 e del 1522. Veggasi il mio *Examen critique de la géographie du Nouveau Continent et des progrès de l'astronomie nautique aux* 15 *et* 16 *siècles*, t. IV, p. 99-125.

(20) pag. 45. Ampère. *Essai sur le phil. des sciences*, 1848, p. 25. Whewell, *Induct. phil.*, t. II, p. 277 Park, *Pantology*, p. 87.

(21) pag. 55. Tutti i mutamenti nel mondo fisico possono ridursi al moto. Arist. *Phys. ausc.*, III, 1 e 4, p. 200 e 201. Bekker, VIII, 1, 8 e 9, p. 250, 262 e 265. *De gen. et corr.*, II, 10, p. 336. Pseudo-Arist. *De Mundo*, cap. 6. p. 398.

(22) pag. 60. Sulla differenza che passa fra l'attrazione delle masse e l' attrazione molecolare, questione già sollevata da Newton, veggasi Laplace, *Exposition du système du Monde*, p. 384, ed il *Supplément au Livre X, de la Mècanique cél.*, p. 3 e 4 (Kant., *Fondamenti metafisici della scienza della natura*, Opere complete, 1839, vol. V, p. 309, ted.; Péclet, *Physique*, 1838, t. I, p. 59-63).

(23) pag. 61. Poisson, *Connaisance des temps pous l'anneé* 1836, pag. 64-66. Bessel, *Annales de phys. de Poggendorff*, vol. XXV, pag. 417. Enche: *Memorie dell' accademia di Berlino*, 1826, p. 257. Mitscherlich, *Lezioni di chimica*, 1837, vol. I, p. 352.

(24) pag. 62. Otfried Müller, *I Dorii*, vol. I, p. 365. Ted.

(25) pag. 65. *Geographia generalis in qua affectiones generales telluris explicantur*. La più antica edizione d' Elzevir è del 1650; la seconda (1672) e la terza (1681) furono pubblicate a Cambridge da Newton. Quest'opera capitale di Varenio è, nel vero significato della parola, una descrizione fisica della terra. Dopo la descrizione del Nuovo Continente, abbozzata con molta abilità dal gesuita Giuseppe de Acosta (*Historia natural de les Indias*, 1590), i fenomeni terrestri non furono abbracciati d'un modo sì generale. Acosta è più ricco d'osservazioni; Varenio abbraccia un circolo d'idee più esteso, perchè il suo soggiorno in Olanda, centro delle più vaste relazioni commerciali di quel tempo, lo aveva posto in comunicazione con un gran numero di viaggiatori istruiti. *Generalis sive universalis geographia dicitur quae tellurem in genere considerat atque affectiones explicat, non habita particularium regionum ratione.* La descrizione generale della terra di Varenio (*Pars absoluta*, cap. I-XXII) è, nel suo complesso, un trattato di Geografia comparata, per usare qui il termine adoperato dall'autore medesimo (*Geographia comparativa*, cap. XXXIII-XL), ma in un significato molto più ristretto. Si può citare tra i passi più notabili di tal libro: l'enumerazione dei sistemi di montagne e l'esame delle analogie, che v'hanno tra le loro direzioni e la forma generale dei continenti (p. 66-76, ed. Cantabr., 1681); una lista dei vulcani estinti e dei vulcani in attività; la discussione dei fatti relativi alla ripartizione generale delle isole e degli arcipelaghi (p. 220), alla profondità dell'Oceano per riguardo all'altezza delle coste vicine (p. 103), all' eguaglianza del livello di tutti i mari aperti (p. 97), alla dipendenza delle correnti dai venti dominanti; l'ineguale salsedine dai mari; la configurazione delle coste (p. 139); la direzione dei venti come conseguenza della differenza di temperatura, ec. Sono pure eccellenti le sue considerazioni sulla corrente equinoziale d'oriente in occidente: egli attribuisce a tale corrente l'origine della Golf-Stromes, che incomincia fin dal capo Sant'Agostino e sparisce tra Cuba e la Florida (p. 140). Esattissima è la sua descrizione della corrente

lungo la costa occidentale dell'Africa tra il capo Verde e l'isola di Fernando Po, nel golfo di Guinea. Varenio spiega la formazione delle isole sporadiche col sollevamento del fondo del mare: *magna spiritum inclusorum vi, sicut aliquando montes a terra protrusos esse quidam scribunt* (p. 125). L'edizione pubblicata da Newton nel 1681 (*auctior et emendatior*) non contiene per mala sorte nessuna aggiunta di questo grand'uomo; non vi si trova nemmeno alcuna menzione dello schiacciamento del globo terrestre, quantunque le esperienze di Richer sul pendolo fossero anteriori di nove anni all'edizioni di Cambridge. Del resto, i *Principia mathematica Philosophiae naturalis* di Newton non furono comunicati in manoscritto alla Società reale di Londra, che nell' aprile 1666. Regna molta incertezza sulla patria di Varenio. Secondo Joecher sarebbe l' Inghilterra; secondo la *Biographie Universelle* (t. XLVII, p. 495) Amsterdam; ma dalla dedicazione della sua *Geografia generale* al borgomastro di quella città risulta, che quelle due supposizioni sono ugualmente false. Varenio dice espressamente, che si è ricovrato in Amsterdam, « perchè la sua città natia era stata abbruciata ed interamente distrutta durante una lunga guerra »; ora, queste parole sembrano contrassegnare il settentrione dell'Allemagna e le devastazioni della guerra dei trent'anni. Nella dedicazione d' un'altra opera, *Descriptio regni Japoniae* (Amst., 1649) al senato d' Amburgo dice d' aver fatto i sui primi studii matematici nel ginnasio di quella città. V' ha dunque tutto il fondamento per credere, che questo ingegnoso geografo sia nato in Allemagna, e probabilmente a Luneburgo. (Vitten, *Mem. Theol.*, 1685, p. 2142. Zedler, *Universal-Lexikon*, vol. XLVI, 1745, p. 187).

(26) pag. 63. *La Scienza geografica generale comparata, o Studio della terra, nelle sue relazioni con la natura e con la storia dell'uomo*, per Carlo Ritter, (trad. dal tedesco da E. Buret e E. Desor).

(27) pag. 95. Κόσμος nel significato più antico e nel senso proprio di questo vocabolo, significa acconciamento (ornamento dell'uomo, della donna e del cavallo); preso nel senso figurato per εὐταξία, significa ordine ed ornamento del discorso. Per confessione di tutti gli antichi fu Pitagora il primo ad usare questo vocabolo per indicare l'ordine nell'universo e l'universo medesimo, Pitagora non ha mai scritto, ma prove molto antiche di questa asserzione si trovano in diversi passi dei frammenti di Filolao (Stob., Eclog., p. 360 e 460. Heeren; il Filolao di Boeckh, p. 62 e 90, ted. Ad esempio di Naeke, noi non citiamo Timeo di Locri, perchè la sua antichità è dubbia. Plutarco (*De plac. phil.*, II, 1) dice nel modo più schietto, che Pitagora diede il nome di Cosmos all'universo, a motivo dell'ordine che vi regna (del pari Galen., *Hist. phil.*, p. 429). Col suo nuovo significato il vocabolo passò dalle scuole filosofiche negli scritti dei poeti e dei prosatori. Platone continua a dinotare i corpi celesti col nome di *Uranos;* ma l'ordine mondiale è anche per lui *Cosmos*, e nel suo *Timeo* (p. 30, B.) dice che *il mondo è un animale dotato d' un' anima* (κόσμον ζῶον ἔμψυχον). Sullo spirito separato dalla materia, ordinatore del mondo, vedi *Anaxag. Claz.* ed. Schaubach, p. III, e Plut. *De plac. phil.* II, 3 in Aristotele (*De Coelo*, I, 9), il *Cosmos* è « l' universo e l'ordine nell' universo; » ma

è altresì considerato come dividentesi nello spazio in due parti, il mondo sublunare ed il mondo situato al disopra della luna (*Meteor.*, I, 2, 1, e I, 3, 13, p. 339, a. e 340, b. Bekk.). La definizione del *Cosmos* ch' io ho citato più sopra nel testo è tratta dal *Pseudo-Aristotele de Mundo*, cap. II (p. 391); essa è così concepita: κόσμος ἐστὶ σύστημα ἐξ οὐρανοῦ καὶ γῆς καὶ τῶν ἐν τούτοις περιεχομένων φύσεων. λέγεται δὲ καὶ τερος κόσμος ἡ τῶν ολων ταξις τε καὶ διακοσμησις, ὑπὸ θεῶν τε καὶ διὰ θεῶν φυλαττομνη. La maggior parte dei passi degli autori greci sul *Cosmos* si trovano raccolti prima nella controversia di Riccardo Bentley contro Carlo Boyle (*opuscola philologica*, 1781, p. 347, 445. *Dissertation upon the Epistles of Phalaris*, 1817, p. 254) sull' esistenza storica di Zaleuco, legislatore di Locri; indi nell' eccellente opera di Naeke, *Sched. crit.* 1812, p. 9-15, e finalmente in Teofilo Schmidt, *Ad Cleom. Cycl. theor. met.*, I, 1. (, IX, 1 e 99). Preso in un significato più stretto, il vocabolo *Cosmos*, è stato pure adoprato in plurale (Plut., I, 5) per indicare le stelle (Stob., I, p. 514, Plut. II, 13) e gl'innumerevoli sistemi mondiali disseminati come altrettante isole nell'immensità dei cieli e formati ciascuno d'un sole e d'una luna (*Anax. Claz. fragm.* p. 89, 93, 120; Brandis, *Storia della Filos, greco-romana*, vol. I, p. 252). Ciascuno di tali gruppi formano così un *Cosmos*, l'universo, τὸ πᾶν dee avere una significazione più lata (Plut., II, 1). Soltanto lungo tempo dopo il secolo de' Tolomei fu questo vocabolo applicato alla terra. Boeckhe ha fatto conoscere alcune iscrizioni in lode di Traiano e d'Adriano (*Corpus Inscr. graec.*, t. I, num. 334 e 1306), dove κόσμος è messo per οἰκουμένη, del pari che per mondo s' intende sovente la terra sola. Noi abbiamo già indicato questa divisione singolare degli spazii celesti in tre parti, l' *Olimpo*, il *Cosmos* e *l'Urano* (Stob., I, p. 488; Filolao, p. 94-102); essa si applica alle regioni diverse che circondano quel focolare misterioso dell' universo, quella Εστια τοῦ ηακτὸς dei Pitagorici. Nel frammento ove trovasi tal divisione, il nome d'*Uranos* denota la regione più interna, situata tra la luna e la terra; ivi è il dominio delle cose cangianti. La regione media, dove i pianeti circolano in un ordine invariabile ed armonioso, è detta esclusivamente *Cosmos*, secondo un concetto tutto particolare sull'universo. L' Olimpo è la regiene esterna, la regione ignea. Un profondo investigatore delle affinità delle lingue, Bopp, fa osservare che « si può dedurre, come ha fatto Pott (*Ricerche etimologiche*, part. I, p. 39 e 252, ted.) il vocabolo κόσμος dalla radice sanscrita s'ud'*purifigari* appoggiandosi su due considerazioni: prima il *x* greco, in κόσμος, viene dalla palatale *s*, che Bopp rappresenta per *s'* e Pott per ς; del pari δέκε *decem*, in lingua gotica *taihun*, viene dal vocabolo indiano *da' san;* in secondo luogo, il d' indiano corrisponde, in regola generale, al Θ greco (*Gramm. comparata*, § 22. ted.), il che termina di porre in evidenza l'affinità di κόσμος (per κοθμος) con la radice sanscrita *s'ud'* onde viene pure καθαρός. Un'altra espressione indiana per indicare il mondo è *gagat* (si pron. *giagat*); essa è propriamente il participio presente del verbo *gagami* (*io vado*), la cui radice è *ga*. Restando nel circolo delle etimologie della lingua greca, si trova (*Etym. M.*, p. 532, 12) che κόσμος si lega immediatamente a καζω, o più tosto ακαίνομαι (donde κεκαβμένος o κεκαδμένος).

Walcher (*Una colonia Cretese a Tebe*, p. 25, ted.) vi riferisce inoltre il nome di Κκὸμος, del pari che, in Esichio, καὸμος significa un impugnar d'armi presso i Cretesi. Allorchè il linguaggio scientifico dei Greci s'introdusse presso i Romani, il vocabolo *mundus*, che aveva in origine la significazione primitiva del vocabolo κὸσμος (ornamento di donna), servì ad indicare il mondo e l'universo. Ennio sembra il primo che abbia osato una tale novità. In uno dei frammenti di questo poeta, che Macrobio ci ha conservati in occasione della sua disputa con Virgilio, si trova questo vocabolo adoperato nel nuovo significato: *Mundus coeli vastus constitit silentio* (*Sat.*, VI, 2). Cicerone ha detto pure: *Quem nos lucentem mundum vocamus.* (*Tim aeus, s. de univ.*, cap. X). Del rimanente, la radice sanscrita *mand*, donde Pott fa derivare il vocabolo latino *mundus* (*Ricerche etim.*, part. I, p. 240), unisce la doppia significazione di brillare e d'ornare. *Koka* dinota il sanscrito il mondo e gli uomini, come il vocabolo francese *monde*, e deriva, secondo Bopp, da lok (vedere e brillare): lo stesso è della radice slava *swjet*, che vuol dire a un tempo *luce* e *mondo* (Grimm, *Gramm. ted.*, vol III, p. 394, ted.). Quanto al vocabolo di cui i Tedeschi si servono in oggi (*welt*, in antico tepesco *wéralt*, in sassone antico *worold* e *wëruld* in anglo sassone), la significazione ordinaria sarebbe stata, secondo Giacobbe Grimm., quella d'un lasso di tempo, d'un' età d' uomo (*saecuum*), e non quella del *mundus* nello spazio. Gli *Etruschi* si figuravano il mondo come una vôlta rovesciata e simmetricamente opposta alla vôlta celeste (Otfried Müller. Gli *Etruschi*, part. II, p. 96, 98 e 143, ted.). Prese in un significato più stretto ancora, il mondo sembra essere stato, pei Goti, la superficie terrestre attorniata da una cinta di mari (*marei, meri*); essi la chiamavano *merigard*, letteralmente *giardino dei mari*.

(28) pag. 66. Veggansi su Ennio le ingegnose ricerche di Leopoldo Krabner, nel suo *Schizzo storico della decadenza della religione dello Stato presso i Romani*, 1837, p. 41-45. Secondo ogni probabilità, Ennio non attinse nei frammenti d'Epicarmo, ma in poemi composti sotto il nome di quel filosofo e concepiti nel senso del suo sistema.

(29) pag. 67. Aulo Gellio, *Noct. att.* V, 18.

(30) pag. 74. *Bruno*, o *Del principio divino e naturale delle cose*, per G. di Schelling (trad. dal ted. da Hussun, 1845, p. 204).

(31) pag. 82. Le considerazione relative alla differenza che esiste, sotto l'aspetto della lucidezza, tra un punto luminoso ed un disco di diametro angolare valutabile, furono sviluppate da Arago, nell'*Analyse des trovaux de sir William Herschel.* (*Annuaire dû Bureau des Longitudes*, 1842, p. 410-412 e 441).

(32) pag. 84. «Le due nubi Magellaniche, *Nubecula major et minor*, sono oggetti degni della più alta attenzione. La maggior consta d'ammassi stellari irregolari, d' ammassi sferici e di stelle nebulose di varia grandezza e densità, frammischiate di nebulosità irresolubili. Secondo ogni probabilità, queste ultime altre non sono, che una polvere stellare (*star-dust*); ma il telescopio di 20 piedi è impotente anch'esso a ridurle in istelle. Esse producono un chiarore generale da cui il campo della visione è illuminato, e gli altri oggetti si trovano disseminati su tal fondo rilucente. Nessun'altra regione del cielo contiene tante

nebulose ed ammassi di stelle nel medesimo spazio. La *Nubecula minor* è molto meno bella; essa presenta più nebulosità irreducibili, e gli ammassi stellari vi sono ad un tempo meno numerosi e meno splendenti. » (Estr. d'una lett. di sir. G. Hersc. datata da Feldhuysen, al capo di Buona Speranza 13 giug. 1836).

(33) pag. 85. Questa bella espressione χόρτος οὐρανοῦ, tolta da Esichio ad un poeta ignoto avrebbe potuto essere già citata in occasione dei Campi celesti (Himmels-Garten, letteralmente: giardino del cielo), se il vocabolo χόρτος non fosse stato più consuetamente adoperato ad indicare, d'un modo generale, lo spazio compreso in un recinto. Del resto non si può disconoscere l'affinità di questo vocabolo col *Garten* degli Allemanni (in lingua gotica *gards*, il quale deriva secondo Giacobbe Grimm, da *gairdan*, cingere), o col *grad*, *gorod*, dello Slavo, col *Khart* degli Osseti, e, secondo Pott (*Ricerche etimologiche*, P. I, pag. 144 in ted.), col *cohors* dei Latini (donde *corte*). Citiamo ancora il *gard* delle lingue del Nord (una chiudenda, e quindi un chiuso, una residenza) e le parole persiane *gerd*, *gird*, recinto, circolo, poi una residenza principesca, un castello od una città, come si vede dagli antichi nomi di luoghi che s' incontrano nello Sciannameh di Firdussi: *Syawakehgird*, *Darabgird*, ec.

(34) pag. 78. L'errore probabile della parallasse di *a* del Centauro, determinata da Maclear, è di 0".0640. (*Risultamenti del* 1839 *e del* 1840). Veggansi le *Transact. of the Astron. Soc.*, vol. XII, p. 370. Per la parallasse della 61 del Cigno, veg. Bessel, nell' *Annuario* di Schumacher, 1839. p. 47-40: errore medio 0",014. Quanto all' idea che dobbiamo farci della figura reale della via lattea, trovo in Keplero questo passo notabile (*Epitome Astronomiae Copernicanae*, 1618, t. I, lib. 1. p. 34-39): *Sol hic noster nil aliud est quam una ex fixis, nobis major et clarior visa, quia propior quam fixa. Pone terram stare ad latus, una semidiametro viae lacteae, tunc haec via lactea apparebit circulus parvus, vel ellipsis parva, tota declinans ad latus alterum; eritque simul uno intuit conspicum, quae nunc non potest nisi dimisia conspici quovis momento. Itaque fixarum sphaera non tantum orbe stellarum, sed etiam circulo lactis versus non deorsum est terminata.* »

(35) pag. 89. « Se nelle zone abbandonate dall' atmosfera del Sole si sono trovate molecole troppo volatili per unirsi fra loro od ai pianeti, essi deggiono continuando a circolare intorno al sole stesso presentare tutte le apparenze della luce zodiacale, senza opporre resistenza sensibile ai diversi corpi del sistema planetario, sia motivo della loro estrema rarezza, sia perchè il loro movimento è pressochè lo stesso che quello dei pianeti cui incontrano. » Laplace, *Expos. du syst. du monde* (5. ediz.) p. 415).

(36) pag. 89. Laplace, opera citata, p. 396 e 414.

(37) pag. 90. Littrow, *Astronomia*, 1825, vol. II, p. 107. Ted.; Maedler, *Astr.* 1841, p. 212. Ted.; Laplace, op. cit., p. 210.

(38) pag. 91. Keplero, sulla densità decrescente ed il volume crescente dei pianeti a misura che la distanza dal Sole aumenta, considera l'astro centrale (il Sole) come il più denso di tutti gli astri. Veggasi il suo *Epitome Astron. Copern.*

in VII libros digesta, 1618-1622. p. 420. Del pari che Keplero ed Otto di Guericke, Leibnizio opinava che i volumi dei pianeti crescono in ragione delle loro distanza del Sole. V. la sua lettera al bogomastro di Maddeburgo (Magon., 1671). nella raccolta degli *Scr. ted. di Leibnizio*, edita da Guhrauer, 1. par. p. 264.

(39) pag. 91. Per la comparazione delle masse, v. Encke, nelle *Novelle astronomiche* di Schumacher, 1845, n.° 488, p. 114. Ted.

(40) pag. 94. Ammettendo, con Burckhardt, 0,2725 pel diametro della Luna, e 1/49,09 pel suo volume, si trova 0,5596, o 5/9 a un dipresso per la sua densità. V. altresì G. Beer e Maedler, *La Luna*, p. 2 e 10. T.; e l'Astronomia di Medler p. 157. Ted. Secondo Hansen, il volume del nostro e 1/54 circa (1/49,6, secondo Maedler), e la sua massa è 1/87,73, essendo il volume e la massa della Terra presi rispettivamente per unità. Per terzo satellite di Giove, il maggiore di tutte, le relazioni col pianeta centrale sono 1/15370 in volume, e 1/11300 per la massa. Quanto allo schiacciamento d' Urano ved. le *Nov. Astr.* di Schum., 1844, n.° 493.

(41) pag. 97. Beer e Maedler, op. cit., § 185, p. 208, e § 347; medesimi autori: *Descrizione fisica degli astri*, p. 4 e 69, tav. 1, ted.

(42) pag. 98. Le quattro più antiche comete di cui si abbia potuto calcolare le orbite vennero osservate dai Chinesi; sono quelle dell' anno 240 (sotto Gordiano III), del 539 (sotto Giustiniano) dal 565 all' 837. Secondo Dusejour, questa ultima cometa sarebbe rimasta, per 24 ore, a meno di 400,000 miriametri dalla Terra. La sua apparizione spaventò talmente Lodovico il Pio, che tenne di dover fondare diversi conventi per istornare il pericolo. Intanto gli astronomi chinesi osservavano di un modo veramente scientifico la traiettoria apparente del nuovo astro; misurarono la coda, lunga, 60°; ne descrissero le variazioni, poichè essa fu ora semplice, ora moltiplice. La prima cometa di cui l'orbita sia stata calcolata sulle sole osservazioni europee, è quella del 1456, una delle apparizioni della cometa di Halley: essa medesima fu riguardata, ma a torto, per la prima apparizione ben certa. Arago nell' *Annuaire* del 1836, p. 204. V. altresì più innanzi la nota (56).

(43) pag. 99. Arago nell'*Annuaire* del 1832, p. 209-211. La cometa del 1402 fu visibile in pieno sole, come la cometa del 1843. Quest'ultima fu veduta, agli Stati Uniti, il 28 feb., tra un' ora e tre ore dopo mezzodì, da G. G. Clarke (a Portland, stato del Maine). Si è potuto misurare con una grande precisione la distanza del nucleo dal lembo del Sole. Questo nucleo doveva essere assai denso; la cometa presentava l' aspetto d' una nuvola bianca, a contorni spiccatissimi; soltanto vi era uno spazio oscuro tra il nucleo e la coda. (*Amer. Journ. of. Science*, vol. XLV, n.° 1, p. 229; *Nov. astr.* di Schumacher, 1843, n.° 491, p. 175).

(44) pag. 99. *Philosoph. transact. for*, 1808, P. II, p. 155; *for*, 1812. P. I, p. 118. I diametri dei nuclei misurati da Herschel erano di 538 e di 428 miglia inglesi. Per le dimensioni delle comete del 1798 e del 1805, veggasi Arago nell' *Annuaire* del 1832, p. 203.

(45) pag. 100. Arago, *Des changements physiques de la comete de Hal-*

ley du 15 au 23 octobre 1835, nell' *Annuaire* del 1836 p. 218-221. La direzione che le code delle comete sogliono presentare era appieno conosciuta al tempo di Nerone: *Comae radios solis effugiunt*, dice Seneca, *Nat. Quaest.* VII, 21.

(46) pag. 101, Bessel. nelle *Nov. astr.* di Schum. 1836, n.º 300-302, pag. 188, 192, 197, 200, 202, e 230. Lo stesso autore, nell' *Annuairo* di Schum., 1837, p. 149-168. Gugl. Herschel ha creduto trovare, nella bella cometa del 1811, indizii d'un moto di rotazione del nucleo e della coda (*Phil. transact. for* 1812, P. I, p. 140); la stessa osservazione è stata fatta da Dunlop, a Paramatta, sulla terza cometa del 1825.

(47) pag. 101. Bessel, nelle *Nov. astr.* di Schum., 1836, n.º 303, p. 231. (*Annuario* di Schum., 1837, p. 175). V. pure Lehmann, sulle code delle comete, nell' *Ann. astron.* di Bode, pel 1826, p. 168.

(48) pag. 102. Aristot., *Meteor.*, I, 8, 11-14 e 19-21 (ed. Ideler, t. I, pag. 32-34). Biese, *Filos. d'aristotele*, vol. II, p. 86. Ted. Quando si pensa all'influenza che Aristotile ha esercitata per tutto il medio evo, non si può deplorare abbastanza l'ostilità di quel grand'uomo contro le belle idee degli antichi, Pitagorici sulla struttura dell'universo. Nello stesso libro in cui Aristotele ricorda che la scuola di Pitagora considera le comete come tanti pianeti a lunghi periodi, egli dichiara che le comete sono semplici meteore passeggere che nascono e si dissipano nella nostra atmosfera. Dalla scuola di Pitagora, queste idee, di cui Apollonio Mindio fa risalire l'origine ai Caldei, arrivarono ai Romani, i quali si limitarono a riprodurle, come fecero di ogni cosa. Il filosofo di Mindia, descrivendo le orbite cometarie, dice che penetrano nelle regioni superiori del cielo; sul qual proposito Seneca si esprime in questa guisa (*Nat. Quest.*, VII, 17): *Cometes non est species falsa, sed proprium sidus sicut Solis et Lunae: altiora mundi secat et tunc demum apparet quum in imum cursum sui venit;* aggiunge (VII, 27); *Cometas aeternos esse et sortis ejusdem cujus caeterea* (*sidera*), *etiamsi faciem illis non habent similem.* Plinio (II, 25) fa ugualmente allusione alle idee d' Apollonio di Mindia, allorchè dice: *Sunt qui et haec sidera perpetua esse credant suoque ambitu ire, sed non nisi relicta a Sole cerni.*

(49) pag. 102. Olbers, *Nov. astron.* 1828, p. 157 e 184. Arago, *De la Constitutions physique des comètes, Annuario* del 1832, p. 203-208. Di già gli antichi erano sorpresi che si potesse vedere a traverso le comete come a traverso una fiamma. La più antica osservazione di stelle rimaste visibili non ostante l' interposizione d' una cometa risale a Democrito (Aristotele, *Meteor.*, I, 6, 11). Questo fatto ha datto occasione ad Aristotele di riferire che aveva anch' egli osservato l' occultazione d' una stella dei Gemelli per parte di Giove. Seneca ha detto: « Si vedono le stelle a traverso una cometa, del pari che attraverso una nube ». (*Nat. Quest.*, VII, 18); per verità, queste parole non debbono intendersi del corpo stesso della cometa, ma solamente della coda, poichè Seneca aggiunge: *Nonin ea parte qui sedus ipsum est spissi et solidi ignis, sed qua rarus splendor occurrit et in crines dispergitur. Per intervalla ignium, non per ipsos vides* » (VII, 26). Questa ultima

addizione era superflua; poichè si può vedere a traverso una fiamma il cui spessore non sia troppo forte Galileo non l'ignorava, come si ha nel *Saggiatore* (*Lettera a Monsignor Cesarini*, 1619).

(50) pag. 102. Bessel, nelle *Nov. astr.*, 1836, n.° 301, pag. 202-206. Struve nella *Recueil des Mém. de l' Acad. de Saint-Pétersbour*, 1836, p. 140-143, e nelle *Nov. astr.*, 1836, n.° 303, p. 238. « A Dorpat, la stella che si trovava in congiunzione con la cometa non era che a 2″, 2 dal punto più brillante del nucleo. La stella non cessò d' esser visibile; la sua luce non parve indebolita, mentre il nucleo della cometa fu come ecclissato dallo splendore più vivo della stella, la quale era soltanto 9.a o 10.a grandezza. »

(51) pag. 103. lin. 8. Le prime ricerche nelle quali Arago abbia fatto uso dei fenomeni della polarizzazione, per analizzare la luce delle comete, risalgono al 3 luglio 1819, la sera stessa dell' apparizione subitanea della grande cometa. Io mi trovava allora all' Osservatorio, e potei convincermi, come Mathieu e come il fu Bouvar, che le due imagini luminose, date dal cannocchiale prismatico, erano d'uno splendore ineguale quando l'istromento riceveva luce dalla cometa. Per la Capra, non lungi dalla quale la cometa si trovava posta quella sera, le due imagini erano d' uguale densità. All'epoca del ritorno della cometa d'Halley, nel 1835, l' apparato modificato indicava la presenza della luce polarizzata, pel contrasto di due imagini di colori complimentarii (rosso e verde per esempio); era questa una nuova applicazione della *polarizzazione clomatica*, la cui scoperta è dovuta ad Arago *Annales de Chimie*, t. XIII, p. 108. *Annuaire*, 1832, p. 216. « Deesi conchiudere, dice Arago, dal complesso di queste osservazioni che la luce della cometa non era in totalità composta di raggi dotati della proprietà della luce diretta, propria od assimilata: vi si trovava della luce riflessa specolarmente e polarizzata, vale a dire della luce proveniente dal Sole. Non si può decidere con questo metodo, d'un modo assoluto, che le comete splendano soltanto d' una luce accattata. Infatti, divenendo luminosi per sè stessi, i corpi non perdono per questo la facoltà di riflettere luci straniere. »

(52) pag. 104, lin. 2. Arago, nell' *Ann.* 1832, p. 217-220. Sir Giovanni Herschel, *Astronomia*, § 488.

(53) pag. 104. Encke, nelle *Nov. astron.*, 1843, n.° 489, p. 130-132.

(54) pag. 105. Laplace, *Exp. du syst. du Monde*, p. 216 237.

(55) pag. 105. Littrow, *Astronomia descrittiva*, 1835, p. 274. Sulla cometa a breve pericolo recentemente scoperta da Faye, all'osservatorio di Parigi, di cui l'eccentricità è 0,551, la distanza perielia, 1,690, e la distanza afelia 5,832, ved. le *Nov. astr.*, di Schumacher, 1844, n.° 495. (Sull' identità presunta della cometa del 1766 con la terza cometa del 1819, ved. *Nov. astr.*, 1833, n.° 1839; sull' identità della cometa del 1743 e della quarta cometa del 1819, ved. la stessa raccolta, n.° 237).

(56) pag. 107. Laugier, nei *Comptes rendus des séances de l' Acad.*, 1843, t. XVI, p. 1006.

(57) pag. 109. Fries, *Lezioni d' Astronomia*, 1833, p. 262-267, ted. Tro-

vasi in Seneca una prova non troppo bene scelta dell'innocuità delle comete. *Nat. Quaest.* VII, 17 e 21; il filosofo parla della cometa: *Quem nos Neronis principatu laetissimo vidémus, et qui cometis detraxit infamiam.*

(58) pag. 111. A Popayan (lat. bor. 2° 26, altezza al di sopra del mare, 1793 m.). Nel 1788, un mio amico, uomo assai istrutto, vide di pieno giorno un bolido sì rilucente che la sua camera ne fu tutta illuminata, non ostante la luce del sole, di cui nessuna nuvola indeboliva lo splendore. Al momento dell' apparizione, l'osservatore aveva la schiena volta alla finestra, e quando si rivoltò, una gran parte della traiettoria percorsa dal bolido brillava ancora di viva luce. Invece di questo termine ributtante di *Sternschnuppe* (letteralmente *smoccolatura di stelle*) sarebbemi piaciuto di adoperare altre espressioni d'un tedesco non meno legittimo, come *Sternschuss* o *Sternfall* (in svedese *stjernfall*, in inglese *star-shoot*, in italiano *stella cadente*, in francese *étoile filante*), se non si fossi fatta una legge d' evitare scrupolosamente, in tutti i miei scritti, i vocaboli inusitati là dove si tratta di cose generalmente conosciute e ben determinate nel linguaggio ordinario. Il popolo s'imagina, nella sua fisica grossolana, che le celesti lampe abbiano bisogno d'essere smoccolate al paro dei lucignoli. Ma io ho trovato altre denominazioni più disgraziate ancora nei boschi vicini all' Orenoco e sulle sponde solitarie del Cassiquiare: gl'indigeni della missione di Vasiva (*Rel. hist. du voy. aux régions équinox.*, t. II, p. 513), chiamano le stelle cadenti, *urina di stelle*, e la rugiada che si posa a guisa di perle sulle belle foglie d'eliconia viene da essi chiamata *saliva di stelle.* Il mito popolare dei Lituani, sull' origine e la significazione delle stelle cadenti, indica più grazia e nobiltà in quella facoltà dello spirito che dà a tutto una forma simbolica; « Allorchè un fanciullo viene al mondo, Werpeja fila per lui il filo del destino; ognuno di questi fili è terminato da una stella. All'istante della morte, il filo si rompe, la stella cade, impallidisce e si spegne ». Giacobbe Grimm, *Mitologia allemana*, 1843, p. 685, ted.

(59) pag. 111. Secondo la relazione storica di Denison Olmsted, professore nel colegio di Yale, a New-Haven (Connecticut). Ved. gli *Annali di fisica* di Poggendorff, vol. XXX, pag. 194. » Keplero ha, dicesi, bandito dall' astronomia i bolidi e le stelle cadenti. Secondo lui queste meteore sono generate dalle esalazioni terrestri e vanno a perdersi poscia nelle alte regioni dell'etere ». Nondimeno egli s'è spiegato su tale argomento con una grande riserva. « *Stellae cadentes*, egli dice, *sunt materia viscida inflammata. Earum aliquae inter cadendum absumuntur, aliquae vero quasdam conglobatas esse ex materia foeculenta, in ipsam auram aetheream immixta: exque aetheris regione, tractu rectilineo, per aerem trajicere, ceu minutos cometas, occulta causa motus utrorumque,* » Kepler, *Epit. Astr. Copernicanae*, t. I, p. 80.

(60) pag. 112. *Relation historique*, t. I, p. 80, 213 e 527. Se si distingue nelle stelle cadenti, come nelle comete, la testa o il nucleo, e la coda, si può giudicare, dalla lunghezza e dallo splendore della coda o della riga luminosa, del grado di trasparenza dell' atmosfera ed assicurarsi della superiorità delle

regioni tropicali sotto questo aspetto. Colà, l'impressione prodotta dallo spettacolo delle stelle cadenti è più viva senza che il fenomeno abbia d'uopo per queto d'essere più frequente; e'vi si vede meglio, e dura più lungo tempo. Del resto, l'influenza dell'atmosfera sulla visibilità di queste apparizioni si fa sentire, anche nelle zone temperate, per le grandi differenze che si scorgono in stazioni poco lontane. Così, Wartmann annunzia che i numeri delle meteore che si son potute contare, durante un'apparizione di novembre, in due luoghi vicini, a Ginevra ed alle Planchettes, erano nella proporzione di 1 a 17. (Wartmann, *Mém. sur les étoiles filantes*, p. 17). Brandes ha fatto una serie d'osservazioni numerose e molto esatte sulle code delle stelle cadenti. Questo fenomeno non potrebbe spiegarsi con la persistenza dell'impressione prodotta sulla retina, poichè dura talvolta un minuto dopo che il nucleo della stella è scomparso. Per solito la riga luminosa sembra immobile (*Ann.* di Gilbert. vol XIV, p. 251). Questi fatti stabiliscono una grande analogia tra le stelle cadenti ed i bolidi. L'ammiraglio di Krusenstern ha veduto, nel suo viaggio intorno al mondo, un bolido lasciare dietro di sè una riga luminosa che brillò per un'ora intera, senza mutare molto sensibilmente di sito (*Viaggio*, part. I, p. 58). Sir Alessandro Burnes descrive in termini animati la trasparenza dell'atmosfera di Bokhara (lat. 39° 43"; altezza al di sopra del mare, 390 m.): « *There is also a constant serenity in its atmosphere, and an admirable clearness in the sky At night, the stas have uncommon lustre, and the milky way shiues gloriously in the firmament. There is also a neverceasing display of the most Orilliant meteors, which dart like rokets in the sky : ten or twelve of them are sometimes seen in an hour, assuming every colour: fiery, red, blue, pale and faint. It is a noble conntry for astronomical science, and great must have been the advantage enjoyed by the famed observatory of Samarkand.* » Burnes, *Travels into Bokhara*, vol. II, (1834), p. 158. Se Burnes stima che le stelle cadenti sono numerose, quando se ne può contare 10 e 12 per ora, non sarebbe giusto di farne un soggetto di rimprovero verso un viaggiatore isolato; convenne ricorrere, in Europa, ad un sistema d'osservazioni regolarmente seguito prima di poter affermare con Quetelet (*Corresp. mathém. et phys.*, nov. 1837, p. 447), che appariscono, termine medio, 8 stelle cadenti per ora nel circolo abbracciato da una sola persona; mentre poi un altro eccellente osservatore, Olbers, riduce tale numero a 5 o 6. (Ann. di Schumacher, 1836, p. 325).

(61) pag. 113. Sulle polveri *meteoriche*, v. Arago nell' *Annuaire pour* 1832, pag. 254. Affatto recentemente ho cercato, in un'altra opera (*Asie centrale*, t. I, p. 408), di mostrare come il mito scitico dell' *Oro sacro*, che cadde dal cielo in piena incandescenza e divenne poscia la proprietà della *Orda dorata* dei Paratati (Erod. IV, 5-7), come, io dico, tale mito abbia potuto prendere origine nella ricordanza confusa della caduta d'un aerolito. Gli antichi hanno altresì parlato di masse d'argento cadute dal cielo, sotto l'imperatore Severo, e di cui si tentò di coprire medaglie di bronzo (Dione Cassio, LXXV, 1259); tuttavia il ferro metallico era stato riconosciuto già tra gli elementi delle pietre meteoriche (Plin., II, 56). Quanto all'espressione che ricorre sì spesso: *la-*

pidibus pluit, è noto che non si riferisce sempre a cadute d' aeroliti. Così, nel lib. XXV, 7, quelle parole indicano *rapilli*, frammenti di pietra pomica lanciati da un vulcano la cui estinzione non è compiuta, il *Mons Albanus*, oggidì *Monte Cavo.;* V. Heyna, *Opusc. acad.*, t. III, p. 261, e la mie *Relat. hist.*, t. I, p. 394. Il combattimento che Ercole sostenne contro i Ligii, andando dal Caucaso all' orto delle Esperidi, appartiene ad un' altra sfera d'idee. Questo mito aveva per iscopo d'assegnare un'origine alle ghiaie di quarzo che si trovano in quantità ne'*Campi Ligiei*, presso la foce del Rodano. Aristotele crede che sieno state reiette da una fenditura eruttiva, durante un terremoto; Possidonio le attribuisce all'azione delle onde d'un antico mare interno. In un frammento del *Prometeo liberato* d'Eschilo, trovasi una descrizione le cui particolarità si applicherebbero perfettamente ad una caduta d'aeroliti: Giove *forma una nube* e fa cadere una « pioggia di pietre rotonde che gremiscono il suolo del paese. » Già Possidonio si permetteva di beffare il mito geognostico delle *ghiaie* e dei *massi*. Del rimanente, la descrizione che gli antichi hanno lasciata delle pietre dei *Campi Ligiei* (oggidì il paese chiamato *La Crau*) è appieno conforme alla realtà. V. Guerin, *Mésures barometriques dans les Alpes*, e *Météorologie d'Avignon*, 1829, cap. XII, p. 115.

(62) pag. 113. Il peso specifico degli aeroliti varia tra 1, 9 (Alais) e 4, 3 (Tabor); la densità loro suol essere tre volte maggiore di quella dell'acqua. Poi diametri *reali* che ho assegnati ai bolidi, dovetti aver ricorso alle misure più degne di fede che si son potute raccogliere, e le quali per mala sorte sono in iscarso numero. Eccone parecchie: il bolido di Weston (Connecticut, 14 dicembre, 1807), 162 m.; il bolido osservato da Le Roi (10 luglio 1771), circa 325 m.; quello del 18 gennaio 1783, stimato da sir Carlo Blagden 845 m. Brandes (*Colloquii*, vol. I, p. 42. Ted.) assegna un diametro di 25 a 40 metri alle stelle cadenti; egli valuta la lunghezza delle loro code o delle loro strisce luminose a 2 o 3 miriametri. Ma v'ha ragion di credere che i diametri *apparenti* dei bolidi e delle stelle cadenti sieno stati esagerati, sotto l'influenza di certe cause d'ottica natura. Il loro volume non può in nessun modo entrare in paragone col volume di Cerere, ammettendo anche « 70 miglia inglesi » pel diametro di questo piccolo pianeta. V. l' eccellente opera: *On the connexion of the physical sciences*, 1835, p. 411. — Come documento giustificativo in appoggio d'un'asserzione della pag. 114, sul grande aerolito caduto nel letto del fiume di Narni, ma che finora non si è rinvenuto, riferirò il passo, estratto da Pertz, dal *Chronicon Benedicti, monachi Sancti Andreae, in Monte Soracte* (Bibliot. Chigi a Roma), documento che risale al X.° secolo, come ben si ravvisa al barbaro stile: « *Anno* 921, *temporibus domini Johannis decimi papae, in anno pontificatus illius* 7, *visa sunt signa. Nam juxta urbem Romam lapides plurimi de coelo cadere visi sunt. In civitate quae vocatur Narnia tam diri ac tetri, ut nihil aliud credatur, quam de infernalibus locis deducti essent. Nam ita ex illis lapidibus unus omnium maximus est, ut decidens in flumen Narni, ad mensuram unius cubiti super aquas fluminis usque hodie videretur. Nam et ignitae faculae de coelo plurimae omnibus in hac civitate Romani populi*

visae sunt, ita ut pene terra contingeret. Aliae cadentes, ec. » (Pertz, *Mon Germ. hist. scriptores*, t. III p. 715). Sull'aerolito d'Ægos Potamos, di cui la cronaca di Paro mette la caduta nel primo anno della 78.a olimpiade (Boeckh, *Corp. Inscr. graec.*, t. II, p. 302, 320 e 340), Cf. Aristot., *Meteor.*, I, 7 (Ideler, *Comm.*, t. I, p. 404-407); Stob. *Ecl. phys.*, I, 25, p. 508, Heeren; Plut., *Lys.*, c. 12; Diog. Laer, II, 10 (V. altresì più innanzi le note 69, 87, 88 e 89). Secondo una tradizione mongolica, un macigno nero, di 18 metri d'altezza, sarebbe caduto dal cielo in una pianura vicina alle sorgenti del fiume Giallo, nella China occidentale. (Abele Rémusat, *Journ. de Phys.*, 1819, maggio, p. 264).

(63) pag. 114. Biot, *Traité d'Astronomie physique*, 3.a ediz., 1841, t. I, p. 149, 177, 238 e 312. Il mio immortale amico Poisson ha spiegato, d'un modo affatto nuovo, l'ignizione spontanea delle pietre meteoriche, ad un'altezza dove la densità dell' atmosfera è quasi nulla. « Ad una distanza dalla Terra dove la densità dell' atmosfera è affatto insensibile, sarebbe difficile d'attribuire, come si fa, l' incandescenza degli aeroliti ad un fregamento contro le molecole dell'aria. Non sarebbe a supporsi che il fluido elettrico, in istato neutro, formi una specie d' atmosfera che si estende molto al di là della massa d' aria; che è soggetta all' attrazione della Terra, quantunque fisicamente imponderabile; e che segue, in conseguenza, il nostro globo ne' suoi movimenti? In questa ipotesi, i corpi di cui si tratta, entrando in tale atmosfera imponderabile, decomporrebbero il fluido neutro con la loro azione ineguale sulle due elettricità, ed elettrizzandosi, si riscalderebbero e diverrebbero incandescenti. » (Poisson, *Rech. sur la probabilité des jugements*, 1837, P. VI).

(64) pag. 115. *Philos. Transac.*, vol. XXIX, p. 161-163.

(65) pag. 115. La prima edizione dell'importante scritto di Chladni: *Sull' origine delle masse di ferro trovate da lui e da altri viaggiatori*, comparve due mesi innanzi la pioggia di pietre di Siena, e due anni innanzi l'epoca in cui Lichtenberg scriveva in una raccolta di Gottinga, « che pietre provenienti degli spazii celesti penetrano nella nostra atmosfera ». V. pure la lettera d' Olbers a Benzeberg, in data del 18 novembre 1837; nell' opera di quest' ultimo: *Stelle cadenti*, p. 186.

(66) pag. 115. Encke, negli *Ann.* di Poggend., vol. XXXIII (1834), pag. 213; Arago, nell' *Annuaire pour* 1836, p. 291. Due lettere mie a Benzenberg, del 19 maggio e del 22 ottobre 1837, sulla precessione presunta dei nodi dell' orbita percorsa dal flusso periodico delle stelle cadenti (Benzenberg, *Stelle cad.*, p. 207 e 209, ted.). Olbers medesimo ha adotatto più tardi questa idea di un ritardo progressivo nell' apparizione di novembre (*Nov. astron.*, 1838, n.° 372, p. 180). Esporrò ora gli elementi che mi sembrano dover servire a determinare il movimento dei nodi, ed aggiungerò due osservazioni arabe all' epoca scoperta da Boguslawski pel secolo XIV.°:

Nel mese d' ottobre 902, nella notte in cui morì il califfo. Ibrahim-ben-Ahmed, v' ebbe una grande apparizione di stelle cadenti « simile ad una pioggia di fuoco. Egli è per questo che quell' anno fu chiamato l'*anno delle stelle* (Conde, *Hist. de la domin. de los Arabes*, p. 346).

Il 19 d'ottobre 1202, « le stelle furono in movimento per tutta la notte. Esse cadevano come locuste ». (*Comptes rendus* 1837, t. I, pag. 294, e Frahen, nel *Bull. de l' Acad. de St. Pétersbourg*. t. III, p. 308).

Il 21 ott. vecc. st. 1836, « DIE SEQUENTE *post festum XI millia Virginum, ab hora matutina usque ad horam primam, visae sunt quasi stellae de coelo cadere continuo, et in* TANTA MOLTITUDINE *quod nemo narrare* SUFFICIT. » Questa notizia importante, sulla quale ritorno ancora più tardi, nel testo venne scoperta dal sig. di Boguslawski figlio, nella *Chronicon ecclesiae Pragensis*, p. 389. Questa cronaca si trova pure nella seconda parte degli *Scriptores rerum Bohemicarum*, per Pelzel e Dobrowski 1784. (*Nov. astron.* di Schumacher, dicembre 1839).

Dal 9 al 10 nov. 1797, numerose stelle cadenti furono osservate da Hemmer, nel mezzodì dell' Allemagna, particolarmente a Manheim. (Kaemtz, *Meteorologia*, parte III, p. 237.

Il 12 nov. 1799, dopo mezzanotte ebbe luogo la grande pioggia di stelle cadenti che noi abbiamo descritta, Bonpland ed io, e che venne osservata in una gran parte della terra. (*Relat. hist.*, t. I, p. 519-527).

Dal 12 al 13 nov. 1822, Kloeden vide, a Potsdam, un gran numero di stelle cadenti, frammiste a bolidi. (*Ann.* di Gilbert, vol. LXXII, p. 219).

Il 13 nov. 1831, verso le quattro del mattino, una grande pioggia di stelle cadenti fu veduta dal capitano Bérar, sulla costa di Spagna, all' altezza di Cartagena. (*Annuaire* del 1836, p. 297).

Nella notte del 12 al 13 nov. 1833, la memorabile apparizione sì ben descritta da Denison Olmsted, nell' America settentrionale.

Nella notte dal 13 al 14 novembre 1834, medesimo fenomeno, ma con alquanto minor densità, pur nell' America settentrionale. (*Annali* di Poggendorff, vol. XXXIV, p. 129).

Il 13 nov. 1835, un bolido sporadico cade presso Belley, dipartimento dell' Ain, e mette fuoco ad una catasta di legname (*Annuaire* del 1836, p. 296).

Nel 1838, il flusso di stelle cadenti si manifestò più spiccatamente dal 13 al 14 nov. (*Nov. astron.*, 1838, n.° 372).

(67) pag. 116. Non mi è ignoto che fra sessantadue stelle cadenti osservate in Slesia (1823), dietro invito di Brandes, parecchie si mostrarono ad un' altezza di 34, di 45 ed anche di 74 miriametri (Brandes, *Colloquii sull' astronomia e la fisica*, fasc. 1.° p. 48); ma a motivo della piccolezza della parallasse, Olbers tiene per dubbie tutte le determinazioni d' altezza che oltrepassano 22 miriametri.

(68) pag. 116. La velocità planetaria, vale o dire la celerità di traslazione dei pianeti, nelle loro orbite, è, per Mercurio, di 4, 9; per Venere, di 3, 6; per la Terra, di 3, o miriametri per secondo.

(69) pag. 117. Secondo Chladni, un fisico italiano Paolo Maria Terzago nel 1660 avrebbe pel primo considerato possibile che gli aeroliti sieno pietre lanciate dalla Luna, e ciò in occasione della morte d'un monaco francescano ucciso a Milano dalla caduta d'un aerolito. « Labant philosophorum mentes, dic'egli nel

suo scritto (Musaeum Septalianum, Manfredi Septalae, Patricii Mediolanensis industrioso labore constructum, *Tortona*, 1664, p. 44), « *sub horum lapidum ponderibus ; ni dicere velimus lunam terram alteram sive mundum esse, ex cujus montibus divisa frusta in inferiorem nostrum hunc orbem delebantur.* » Olbers, che ignorava tali ipotesi, era stato condotto, fin dal 1795, dopo la celebre caduta d'aeroliti di Siena (16 giugno 1794, a calcolare la celerità che occorrerebbe ad una massa lanciata dalla Luna per arrivare fino alla Terra. Questo problema di balistica occupò dieci o dodici anni dopo i geometri Laplace, Biot, Brandes e Poisson. L'opinione molto invalsa a quel tempo, ed ora abbandonata, che esistano vulcani attivissimi nella Luna, traeva il pubblico a confondere due cose assai differenti, cioè, la possibilità al punto di veduta matematico, e la verosimiglianza al punto di veduta fisico Olbers, Brandes e Chladni credettero trovare « nella celerità relativa di 3 a 6 miriametri per secondo di cui i bolidi e le stelle cadenti sono animate, allorchè penetrano nella loro atmosfera, » un argomento decisivo contro l'origine selenitica di tali meteore. Perchè le pietre lanciate dalla Luna possano toccare la Terra, bisogna, secondo Olbers, ch'esse abbiano posseduto una celerità iniziale di 2,527 m. per secondo (Laplace aveva trovato 2,399 m.; Biot, 2,524 m.; Poisson, 2314 m.), Laplace considera tale celerità iniziale come 5 o 6 volte maggiore di quella di una palla da cannone, all'uscire dal pezzo; ma Olbers ha mostrato « che se le pietre meteoriche fossero lanciate dalla Luna con una celerità iniziale di 2,500 m., a 2600 m., esse non perverebbero alla superficie della terra che con una celerità di 1,14 miriametri per secondo. Ora, siccome la celerità osservata è in realtà di 3,70 miriametri, termine medio, la celerità di proiezione iniziale alla superficie della Luna dovrebb'essere circa 35,700 m., per conseguenza 15 volte maggiore che Laplace non ha supposto. » Olbers, nell' *Annuairo* di Schum., 1837, p. 52-58, e nel *Nuovo Diz. di Fis.* di Gebler, vol. VI, 3.a P., p. 2129-2136, ted.). Nulladimeno, bisogna convenire che se l' ipotesi dei vulcani lunari fosse ancora ammissibile a'nostri giorni, la mancanza d'atmosfera darebbe a tali vulcani un vantaggio distinto sui vulcani terrestri, per riguardo alla forza di proiezione; ma, su questo particolare, manchiamo di dati certi anche pei nostri vulcani, e tutto induce a credere che la loro forza di proiezione sia stata singolarmente esagerata. Il dottore Peters, il quale osservò e misurò con una scrupolosa esattezza tutti i fenomeni dell'Etna, ha trovato che la maggior celerità delle pietre lanciate dal cratere era soltanto di 81 m. per secondo. Altre osservazioni fatte al picco di Teneriffa, nel 1798, hanno dato 975 m. Se Laplace, parlando delle pietre meteoriche, alla fine dell'*Expos. du syst. du Munde* (ed. del 1824, p. 399), dice con una saggia riserva, che, « secondo tutte le verosimiglianze, esse vengono dalle profondità dello spazio celeste, » vedesi però, in altri passi (cap. VI, p. 233), far ritorno all'ipotesi selenitica con una certa predilezione (senza dubbio l'enorme velocità planetaria delle pietre meteoriche non gli era nota), e supporre che le pietre lanciate dalla Luna « diventano satelliti della Terra, descriventi intorno ad esse un' orbite più o meno allungata, di modo che non arrivano all'atmosfera della Terra, se non dopo parecchie ed anzi moltissi-

me rivoluzioni ». Nella stessa guisa che un italiano di Tortona ebbe un giorno l' idea di far venire gli aeroliti dalla Luna, del pari alcuni fisici greci imaginarono di farli venire dal Sole. Diogene Laerzio (II, 9) riferisce questa opinione parlando della massa caduta presso Αεγος Potamos (V. la nota 62). Plinio, che tutto registrò, ricorda anch' egli questa idea singolare (II, 58): » *Celebrant Graeci Anaxagoram Clazomenium Olympiadis septuagesimae octavae secundo anno praedixisse coelestium litterarum scientia, quibus diebus saxum casurum esse e Sole, idque factum interdiu Thraciae parte ad* Αεγος *flumen. — Quod si quis praedictum credat, simul fateatur necesse est, majores miraculi divinitatem Anaxagorae fuisse, solvique rerem naturae intellectum, et confundi omnia, si aut ipse Sol lapis esse aut unquam lapidem in eo fuisse credatur; decidere tamen crebro non erit dubium.* » Ad Anassagora attribuivasi ugualmente l'aver profetato la caduta d'una pietra di media grandezza, conservata nel ginnasio d' Abido. Aeroliti cadenti in pieno giorno, allorchè la Luna non era visibile, diedero probabilmente luogo all'idea delle pietre del Sole. Era pure uno de' dogmi fisici d'Anassagora, dogmi che attirarono su lui le persecuzioni religiose, che il Sole fosse una massa incandescente in fusione (μύδρος διάπυρος). » Nel fetonte di Euripide, il Sole è chiamato, secondo le idee del filosofo di Clazomene, una « massa d' oro » (V. nota 61), vale a dire, una *materia* color di fuoco e splendente d'un vivo fulgore. V. Walckenaer, *Diatribe in Eruip. perd. dram. reliquias* 1767, p. 30. Diogene Laer., II, 10.) — Troviamo dunque quattro ipotesi diverse presso i fisici greci: gli uni attribuiscono tali meteore alle esalazioni terrestri; gli altri a pietre divelte e trasportate dai turbini. (Arist., *Meteor.*, lib. I, cap. IV, 2-13 e cap. VII, 9). Queste due prime opnioni assegnano un' origine terrestre alle stelle cadenti ed ai bolidi; la terza ipotesi colloca tal origine nel Sole; la quarta, finalmente, la ripone negli spazii celesti e spiega il fenomeno coll' apparizione d'astri i quali sarebbero rimasti lunga pezza invisibili, a motivo della loro lontananza. Su quest' ultima opinione di Diogene d' Apollonia, la quale coincide sì compiutamente con le nostre vedute attuali, veggasi il testo, pag. 117 118 e la nota (88). È cosa singolare che in Siria, come seppi dal mio maestro di lingua persiana, sig. Andrea di Nerciat (dotto orientalista, presentemente a Smirne), si fa gran caso giusta un' antica credenza popolare, delle pietre che cadono dal cielo durante il chiaro di luna. Gli antichi invece si preoccupavano della caduta degli aeroliti durante le eclissi lunari; V. Plinio, XXXVII, 10, p. 164, Solino, c. 37, Salm. *Exerc.* p. 531, ed i passi raccolti da Ukert nella *Geog. dei Greci e dei Romani*, 2.a parte, I, p. 131, nota 14, ted. V. sull'ipotesi inverosimile di Fusinieri, il quale attribuiva la formazione delle pietre meteoriche alla condensazione repentina di vapori metallici, di cui gli strati superiori dell'atmosfera sarebbero d'ordinario carichi, come sulla mutua penetrazione e sul miscuglio del gas di specie diverse, la mia *Relat. hist.*, t. I, pag. 525.

(70) pag. 117. Bessel, nella *Nov. astr.* di Schum., 1839, n.º 380 e 381, p. 222 e 346. La Memoria è terminata da una comparazione delle longitudini del Sole con le epoche dell' apparizione del mese di novembre, incominciando dal 1799, data della prima osservazione fatta a Cumana.

(71) pag. 118. Il dottore Tom. Forter annunzia (*The pocket Encyclop. of Natural phaenomena*, 1827, p. 17). che si conserva nel collegio di Christ-Curch, a Cambridge un manoscritto intitolato: *Ephemerides rerum naturalium*, di cui l'autore sembra essere un frate del secolo precedente. Accanto a ciascun giorno dell'anno, cotesto manoscritto indica il fenomeno corrispondente, come il primo fiorire di certe piante, l'arrivo degli uccelli ec. Il 10 agosto vi è indicato sotto il nome di *meteorodes*. Tale indicazione, congiunta alla tradizione relativa alle lagrime di fuoco di San Lorenzo, indusse Forster a tener dietro assiduamente all'apparizione del mese d'agosto. (Quetlet, *Corresp. matém.*, serie III, t. I, 1837, p. 433).

(72) pag. 118. Humb., *Relat. hist.*, t. I, p. 519-527. Ellicot, nelle *Transact. of the American Soc.*, 1804, vol. VI, p. 29. Arago dice in proposito dell'apparizione di novembre: « Così si conferma sempre più l'esistenza di una zona composta di milioni di piccoli corpi, le cui orbite incontrano il piano dell'eclittica, verso il punto che la terra va ad occupare ogni anno, dall'11 al 13 novembre. È questo un nuovo mondo planetario che incomincia a rilevarsi a noi. » (*Annuaire* del 1836, p. 296).

(73) pag. 119. Musschenbroek, *Introd. ad Phil.* 1762, *Nat.*, t. II, p. 1061. Howard, *Climate of London*, vol. II, p. 23, osservazioni dell'anno 1806, per conseguente anteriori di sette anni alle prime osservazioni di Brandes (Beanz. *Stelle cadenti*, p. 240-244, ted.); le osservazioni d'agosto, fatta da Tom. Forster, in Quetelet, op. cit., p. 438-453; quelle di Adolfo Erman, di Boguslawski e di Kreil; nell'*Annuario* di Schum., 1838, p. 317-330. Sulla posizione del punto di divergenza delle meteore nella costellazione di Perseo, il 10 agosto 1839, ved. le eccellenti misure di Bessel e di Erman (Schum., *Nov. astr.*, n.° 385 e 386). Ma sembra che il movimento nell'orbita non sia stato retrogrado il 10 agosto 1837. Ved. Arago, nei *Comptes rendus*, 1837. t. II, p. 183.

(74) pag. 119. Il 25 aprile 1095, « un'infinità di persone videro cadere le stelle dal cielo, così stipate come grandine » (*ut grando, nisi lucerent, pro densitate putaretur;* Baldr., p. 88); si credette anzi al concilio di Clemont, che un tale avvenimento dovesse essere il presagio di grandi rivoluzioni nella cristianità; Wilken, *Stor. delle Crociate*, vol. I, p. 75. Il 22 aprile 1800, si vide una gran pioggia di stelle cadenti, nella Virginia ed al Massaciussets; era « come la combustione d'un razzo che avesse durato due ore. » Arago ha indicato per primo la periodicità di questa striscia d'asteroidi. » (*Ann.* del 1836, p. 297). Le pioggie d'aeroliti, in principio di dicembre, sono pure degne d'osservazione. Si possono trovare indizii della loro periodicità nelle antiche osservazioni di Brandes (egli numerò duemila stelle cadenti durante la notte dal 6 al 7 dicembre 1798), e fors'anche nell'enorme pioggia d'aeroliti che cadde al Brasile, l'11 dicembre 1836, presso il villaggio di Macao, sul Rio Assu (Brandes, *Colloqui sulla fis.*, 1826, 1.° fasc. p. 65, e *Comptes rendus*, t. V, p. 211). Capocci ha scoperto dodici piogge d'aeroliti tra il 27 ed il 28 nov. (dal 1809 al 1839), ed altri fenomeni dello stesso genere corrispondenti al 13 nov., al 10 agosto ed al 17 luglio (*Comptes rendus*, t. XI, p. 357). Cosa no-

tabile, nessuno flusso *periodico* di stelle cadenti o d'aeroliti si è affacciato finora nelle parti dell'orbita terrestre che corrispondono ai mesi di gennaio, febbraio e forse di marzo. Nondimeno ho osservato nel mare del Sud, il 15 marzo 1803, una grande quantità di stelle cadenti, e si è veduta a Quito una pioggia di meteore dello stesso genere, poco tempo innanzi lo spaventevole terremoto di Riobamba (4 feb. 1797). Epilogando, pare che le epoche seguenti debbano formare l' attenzione degli osservatori :

22-25 aprile ;
17 luglio (17-26 luglio ?) (Quét., *Corr.*, 1837, p. 435) ;
10 agosto ;
12-14 novembre ;
27-29 novembre ;
6-12 dicembre.

La frequenza di questi periodici flussi non dev'essere un soggetto di grave stupore se si pensa alle miriadi di comete di cui gli spazii celesti sono ripieni, non ostante la differenza essenziale che esiste tra una cometa isolata ed un anello pieno d'asteroidi.

(75) pag. 119. Ferd. di Wrangel: *Viaggio sulle coste settentrionali della Siberia, dal* 1820 *al* 1824, II parte, p. 259. — Sul ritorno della grande apparizione del mese di novembre, per periodi di 34 anni, ved. Olbers, nell'*Annuario,* di Schumacher, 1837, p. 280. — Ho udito dire a Cumana, che avcasi veduto, poco tempo innanzi il terremoto del 1766, un fuoco d'artifizio celeste simile a quello dell' 11 al 12 nov. 1799; intervallo sarebbe di 33 anni. Tuttavia, il terr emoto uon avvenne in principio di novembre, ma bensì il 21 ottobre 1766. Una certa notte, il vulcano di Cayambe apparve per un'ora intera, come ravvolto in una pioggia di stelle cadenti, e gli abitanti di Quito, sbigottiti di tale apparizione, fecero processioni onde placare la collera del cielo; forse i viaggiatori che vanno a Quito potrebbero farci conoscere la data precisa di tale fenomeno. (*Relat. hist.*, t. I, cap. IV, p. 520 e 527).

(76) pag. 121. Estratto d' una lettera che mi fu indirizzata in data del 24 gennaio 1838. L'enorme sciame di stelle cadenti del mese di nov. 1799 non fu visibile che in America; ma vi fu osservato da Neu-Herrnhut, nella Groenlandia, fino all' equatore. Lo sciame del 1831 e quello del 1832 furono veduti in Europa solamente; quelli del 1833 e del 1834 non lo furono che agli Stati Uniti d' America.

(77) pag. 121. Lettera di Eduardo Biot a Quetelet, *sulle antiche apparizioni delle stelle cadenti in China, nel* Bull. de l' acad. de Bruxelles, 1843, t. X., n.° 7, p. 8. — Sulla notizia estratta dalla *Chronicon Ecclesiae Pragensis*, V. Boguslawski, figlio, negli *Annali* di Poggend., vol. XLVIII, p. 612.

(78) pag. 121. « Sembra che un numero forse inesauribile di corpi, troppo piccoli per essere osservati, si mova nel cielo, sia intorno al Sole, sia intorno ai pianeti, sia fors'anco intorno ai satelliti. Si suppone che, quando questi corpi sono incontrati dalla nostra atmosfera, la differenza tra la loro celerità e quella del nostro pianeta sia abbastanza grande perchè l'attrito ch'essi provano con-

tro l'aria li riscaldi a segno di renderli incandescenti, o talvolta di farli scoppiare. Se il gruppo delle stelle cadenti forma un anello continuo intorno al Sole, la sua celerità di circolazione potrà essere differentissima da quella della Terra; ed i suoi spostamenti nel cielo, in conseguenza delle azioni planetarie, potranno ancora rendere possibile o impossibile, a diverse epoche, il fenomeno dell'incontro nel piano dell'eclittica. » Poisson, *Recherches sur la probabilité des jugements*, p. 306-307.

(79) pag. 122. Humb., *Essai politique sur le Nouvelle Espagne*, II, ediz. t. III, p. 310.

(80) pag. 122. Di già Plinio aveva notato il calore particolare alla crosta degli aeroliti: *colore adusto* (II, 56 e 58); l'espressione *lateribus pluisse* si riferisce ugualmente all'aspetto degli aeroliti la cui superficie indica l'azione del fuoco.

(81) pag. 122. Humboldt, *Rel. hist.*, t. II, cap. XX, pag. 299-302.

(82) pag. 123. Gustava Rose, *Viaggio nell' Ural*, vol. II, p. 202. Ted.

(83) pag. 123. Lo stesso autore, negli *Annali* di Poggend. 1825, vol. IV, p. 173-192. Rammelsberg, *Prim. supp. al diz. di Chimica e di Mineral.*, 1843, p. 102. Ted. « È un fatto molto osservabile e troppo lungo tempo lasciato nell' oblio, ha detto Olbers, che nessun *aerolito fossile* fu mai incontrato fra le conchiglie fossili dei terreni secondarii e terziarii. Deesi forse inferirne che, se cadono verosimilmente secondo Schreibers settecento aeroliti all'anno sulla superficie del globo, non ne cadesse mai innanzi l'epoca in cui questa superficie è stata formata? » (Olbers *Annuario* di Schum., 1838, p. 329). Parecchie masse di ferro nativo nichelifero, di prablematica natura, furono trovate, a 10 m. sotterra, nel nord dell' Asia lavature d' oro di Petropawlowsk), e di recente ancora nei Carpazi occidentali (miniere di Magura, presso Szlanicz.) Cf. Erman, *Archiv. delle cogn. scient.* in Russia (vol. I, p. 315 e Haidinger, *Rapporto sulle miniere di Szlanciz in Ungheria*.

(84) pag. 124. Berzelius, *Rapp. ann.*, vol. XV, p. 217 e 231. Nammelsberg, (*Dict.*, 2 parte, p. 25-28. Ted.).

(85) pag. 125. « *Sir Isac said, the took all the planets to be composed of tha same matter with this cart, viz. earth, water and stones, but variously concocted.* » TURNOR, COLLECTIONS FOR THE HIST. OF GRANTHAM, CONT. AUTHENTIC MEMOIRS OF SIR ISAAC NEWTON, p. 172.

(86) pag. 125. Adolfo Adam, negli *Ann.* di Poggend., 1839, vol. XLVIII, p. 582-601. Alcuni anni avanti, Biot dubitava che la corrente d'asteroidi di novembre dovesse ricomparire verso i primi di maggio (*Comptes rendus*, 1836, t. II, p. 670). Maedler ha cercato, con ottantasei anni d' osservazioni metereologiche fatte a Berlino, ciò che debbasi pensare della credenza popolare nei tre famosi giorni freddi del mese di maggio (*Lavori dell' Unione per l' avanzamento dell'orticoltura*, 1834, p. 377), ed ha trovato che effettivamente, l' 11, il 12 ed il 13 di maggio, la temperatura è retrograda di 1°, 22, appunto all'epoca dell'anno in cui essa dovrebbe più rapidamente salire. Sarebbe da desiderare che questo curioso fenomeno, in cui si è veduto l' effetto della liquefazione dei ghiacci nel N. O. dell'Europa, potesse essere studiato simultaneamente so-

pra punti assai lontani, in Ameri ca, per esempio, e nell' emisfero australe. Cf. il *Bull. de l' Acad. imp. de Saint Petersbourg*, 1843, t. I, n.º 4.

(87) pag. 126. Plut., *Vitae par. in Lysandro*, cap. 22. Secondo la narrazione di Damaco (Daimachos) avrebbesi veduto, per settanta giorni consecutivi, una nube accesa lanciare scintille simili a stelle cadenti, poi abbassarsi e finire col lanciare la pietra d' Aegos-Potamos, « la quale non formava che una porzione insignificante della nuvola. » Questa narrazione è tutt'altro che verosimile, poichè ne risulterebbe che il bolido avesse dovuto muoversi, per settanta giorni, nella stessa direzione e con la stessa celerità della terra, cosa che pel bolido del 19 luglio 1686, descritto da Halley (*Transact.* vol. XXIX., p. 163), non ha avuto la durata che di pochi minuti. Del rimanente codesto Dai machos, lo scrittore περὶ εὐσεβείας potrebbe essere benissimo il Daimaches di Platea che Seleuco mandò nelle Indie il figlio di Androcotto, e che Strabone (p. 70, Casaub.) dà per un grande spacciatore di favole; » un altro passo di Plutarco *Compar. Solonis c. Pop.*, cap. 4, lo farebbe pensare. Comunque sia, qui si tratta soltanto della narr azione assai tarda d' un autore che scriveva in Tracia un secolo e mezzo dopo la caduta del celebre aerolita, e di cui Plutarco sospetta ugualmente la veracità.

(88) pag. 126. Stob. ed. Keeren, I, 25, p. 508. Plut. *De plac. Philos.*, II, 13.

(89) pag. 127. il passo notabile di Plutarco (*De plac. Philos.*, II, 13) è così concepito: « Anassagora insegna che l'etere ambiente è di natura ignea; con la forza del suo moto giratorio, svelle massi di pietra, li rende incandescenti e li trasforma di stelle. » Sembra che il filosofo di Clazomene spiegasse pure, per un effetto analogo del moto generale di rotazione, la caduta del lione di Nemea, che un'antica tradizione faceva cadere *dalla Luna* sul Peloponneso (Eliano, XII, 7; Plut., *De facie in orbe lunae*, c. 24; *Schol. ex cod. Paris. in Apoll. Argon.*, lib. I, p. 498, ed. Schaef., t. II, p. 40; Meineke, *Ann. Alex.*, 1843, p. 85· Noi avevamo non ha guari *pietre della luna*, ecco ora *un animale caduto dalla luna!* Secondo l'ingegnosa osservazione di Boeckh, questo antico mito del lione lunare di Nemea avrebbe avuto un' origine astronomica e troverebbesi in relazione simbolica, nella cronologia, col cielo d'intercalazione dell'anno lunare, col culto della luna a Nemea e coi giochi da cui era accompagnato.

(90) pag. 128. Trascrivo qui un memorabile passo di Keplero sulle radiazioni calorifere delle stelle; è una di quelle ispirazioni che s'incontrano ad ogni passo negli scritti di quel sommo ingegno: « *Lucis proprium est calor: sydera omnia calefaciunt. De siderum luce claritatis ratio testatur, calorem universorum in minori esse proportione ad colorem unius solis, quam ut ab homine, cujus est certa caloris mensura, uterque simul percipi et judicari possit. De cincindularum lucula tenuissima negare non potes, quin cum calore sit. Vivunt enim et moventur, hoc autem non sine calefactione perficitur. Sed neque putrescentium lignorum lux suo calore destituitur, nam ipsa putredo quidem lentus ignis est. Inest et stirpibus suus calor.* » (Paralipomena in Vitell. Astron. pars optica, 1604, Prop. XXXII, p. 25). Cf. Keplero, *Epit. Astron. Copernicanae*, 1618, t. I, lib. I, p. 35.

(91) *pag.* 131. « *There is another thing, wich I recommend to the observation of mathematical men: wich is, that in February, and for a little before, and a little after that month (as I have observer several years together) about 6 in the evening, when the Twilight hath almost deserted tho horizon, you shall see a plainly discernable way of the Twilight striking up toward the Pleiades, and seeming almost to touch them. It is so observed any clear night, but it is best illac nocte. There is no such way to be observed at any other time of the year (that I can perceive), nor any other way at that time to be perceived darting up elsewhere. And I believe it hath been and will be constantly visible at that time of the year. But what the cause of it in nature should be, I cannot yet imagine, but leave it to further inquiry.* » Childrey, *Britannia Baconica*, 1661, p. 183. Tal è la prima e più semplice descrizione del fenomeno. (Cassini, *Découverte de la lumière céleste qui parait dans le zodiaque*, nelle *Mém. de l'Acad.*, t. VIII, 1730, p. 276. Mairan, *Traité phys. de l' aurore boréale*, 1754, p. 16). La notabile opera di Childrey, da cui abbiamo estratto il surriferito passo, contiene pure (p. 91) particolarità molto bene ragionate sulle epoche del massimo e del minimo nella distribuzione annuale del calore come nell' andamento diurno nella temperatura, ed alcune vedute sul ritardo che si manifesta per la produzione dell'effetto massimo o minimo in tutti i fenomeni meteorologici. Per mala sorte, il cappellano di lord Enrico Somerset insegna in pari tempo, nella sua *Filosofia baconiana*, che la terra è allungata verso, i poli (è l'idea di Bernardino di Saint-Pierre). In origine egli dice, la terra era perfettamente sferica; ma l'accrescimento continuo degli strati di ghiaccio verso i due poli ha modificato tale figura; e siccome il ghiaccio è formato d'acqua, ne risulta che da per tutto la massa delle acque diminuisce.

(92) pag. 131. Domenico Cassini (*Mém. dell'Acad.* t. VIII, 1730, p. 188), e Mairan (*Aurora boreale*), p. 16, hanno creduto di ravvisare la luce zodiacale nel fenomeno ch' è stato veduto in Persia, nel 1668. Delambre (*Hist. de l' Astron. moderne*, t. II, p. 742) attribuisce la scoperta di questa luce al celebre viaggiatore Chardin; ma Chardin stesso ricorda questo *niazouck* (*nyzech*, piccola lancia), nella *Incoronazione di Solimano*, ed in altri luoghi della narrazione del viaggio (ed. di Langlès, p. 326; t. X, p. 97), come « la grande e famosa cometa la quale fu visibile quasi per tutta la terra, nel 1668, e che aveva la testa nascosta nell' occidente, di modo che non si poteva nulla scorgerne sull' orizzonte d' Ispaan. » *Atl. del viaggio* di Chardin, tav. IV, dopo le osservazioni fatte a Schiras). La testa di tale cometa fu veduta al Brasile e nelle Indie (Pingré, *Cometografia*, t. II, p. 22). Sulla presunta identità dell' ultima grande cometa del 1843 con quelle che Cassini aveva creduto la luce zodiacale, V. le *Nov. astron.* di Schum., 1843, n.° 476, 480. In persiano, i vocaboli *nizehi âteschin* (dardi o lance di fuoco) s' applicano pure ai raggi del sole, al suo levarsi od al suo tramonto; del pari *nayazik* è tradotto, nel lessico arabo di Freytag, per *stellae cadentes*. Del resto, questo paragone delle comete con lance e con spade occorre in tutte le lingue, particolarmente nel medio evo. Non basta, la grande cometa che comparve nel 1500, dal mese d'aprile fino al mese

di giugno, è sempre indicata dagli scrittori italiani di quell'epoca sotto il nome del *signor Astone* (V. il mio *Examen critique de la histoire de la geographie*, t. V. p. 80). Si è spesso affermato che Cartesio (Cassini, p. 230; Mairan, p. 16) ed anche Keplero (Delambre, t. I, p. 601) avessero conosciuto la luce zodiacale; ma questa opinione mi sembra inammissibile. Cartesio (*Principes*, III, art. 136, 137) spiega in un modo alquanto oscuro la formazione delle code delle comete: « Per raggi obliqui i quali, cadendo sopra diverse parti delle orbite planetarie, vengono dalle parti laterali al nostro occhio per una rifrazione straordinaria »; dice altresì che le comete che si veggono nel crepuscolo della sera od in quello del mattino possono comparirci, « come una lunga trave », allorche il sole si trova fra la cometa e la terra. Questo passo ha sì poco riferimento alla luce zodiacale, come quello in cui Keplero parla d'un atmosfera solare (*limbus circa coma lucida*); essa impedisce, ei dice, che l'oscurità sia completa durante le eclissi totali del sole. Non è esatto il dire, con Cassini (p. 231, art. XXX), e con Mairan (p. 15), che le voci *trabes quas* δοκοὺς *vocant* » (Plinio, II, 26 e 27) s'applicano alla luce zodiacale che ascende sull'orizzonte in forma di lingua. Da per tutto, appo gli antichi, il vocabolo *trabes* è applicato ai bolidi (*ardores et faces*) ed altre ignee materie, e pure alle comete di lunga capellatura. (Sui vocaboli: δοκός, δοκίας, δοκίτης, V. Schaefer, *Schol. Par. ad Apoll. Rhod.*, 1813, t. II, p. 206; Pseudo-Aristot., *De Mundo*, 2. 9; *Comment. Alex.*, *Joh. Philop.* e *Olymp. in Aristot. Meteor.*, lib, I, cap. VII, 3, p. 195, Ideler; Seneca, *Nat. Quaest.*, t. I).

(93) pag. 131. Humboldt, *Monuments des peuples indigènes de l' Amèrique*, t. II, pag. 301. Questo manoscritto assai raro proviene dalla biblioteca di Letellier arcivescovo di Reims; esso contiene numerosi passi estratti da un rituale azteco, da un calendario astrologico e da annali storici che si stendono dal 1197 al 1549. Questi annali riferiscono in pari tempo i fenomeni naturali, la data dei terremoti, l'apparizione delle comete, per esempio di quelle del 1490 e del 1529, e diverse eclissi solari assai importanti per la cronologia messicana. Nel manoscritto di Camargo, *Historia de Tlascala*, la luce che saliva dall'orizzonte occidentale quasi fino al zenit è chiamata « scintillante e come tempestata di stelle sommamente stipate. » Questa descrizione d'un fenomeno che durò quaranta giorni non può applicarsi in veruna guisa alle eruzioni del Popocatepetl, vulcano situato ad assai breve distanza nel sud-est. (Prescott. *Hist of the conquest of Mexico*, vol. I, p. 284). Commentatori più recenti hanno confuso tale apparizione, nella quale Montezuma vedeva il presagio di qualche grande sventura, con la « estrella que humeava » (propriamente: che *scintillava;* in messicana *choloa*, saltellare e scintillare). Quanto alla connessità di tale *vapore* con la stella *Cillal Choloha* (Venere), e col *Monte della Stella* (Citlaltepetl, o il vulcano d'Orizaba, V. la mia opera sui *Monumenti*, t. II, p. 303,

(94) pag. 131. Laplace, *Exp. du syst. du Monde*, pag. 270; *Mecanique celeste*, t. II, p. 169 e 171. Schubert, *Astron.* vol. III, § 206.

(95) pag. 132. Arago, *Annuaire* del 1842, p. 408. Cf. le considerazioni sviluppate da sir Giovanni Herschel, sulla pochezza del volume e dello splendo-

re delle nebulose planetarie, nell'opera di Mary Somerville, *Connexion of the Phys. sciences*, 1835, p. 108. L'idea che il sole sia una *stella nebulosa*, la cui atmosfera darebbe luogo al fenomeno della luce zodiacale non fu emessa da Domenico Cassini, bensì da Mairan, nel 1731 (*Traité de l' Aurore bor.*, p. 47 e 263. Arago, nell' *Annuaire* del 1842. p. 412. Questa idea non è che una riproduzione delle vedute di Keplero.

(97) pag. 132. Al fine di spiegare la forma della luce zodiacale, Domenico Cassini aveva immaginato, come poi fecero Laplace. Schubert e Poisson, l'ipotesi d'un anello isolato. Egli dice infatti: « Se le orbite di Mercurio e di Venere fossero visibili (materialmente, in tutta l'estensione della loro superficie), noi le vedremmo abitualmente della stessa figura e nella stessa disposizione riguardo al sole, ed agli stessi tempi dell'anno che la luce zodiacale ». (*Mém. de l'Acad.* t. VIII, 1730, p. 218, e Biot, nei *Comptes rendus* 1836, t. III, p 666). Cassini opinava che l' anello nebuloso della luce zodiacale fosse formato d' un numero infinito di piccolissimi corpi planetarii, giranti, intorno al sole; non era dunque molto alieno dal credere che la caduta dei bolidi si collegasse al passaggio della Terra a traverso tale anello nebuloso. Olmsted e segnatamente Biot (op. cit., p. 673) hanno cercato di rapportarvi altresì la pioggia di stelle cadenti del mese di novembre, ma Olbers ha mosso dubbii su tal particolare (*Annuario* di Schum., 1837, p. 281) Houzeau, nelle *Nov. astron.* di Schum., 1843, n.° 492, p. 190, esamina se il piano della luce zodiacale coincida perfettamente col piano del l' equatore solare.

(97) pag. 132. *Astron.* di sir Giovanni Herschel, § 487.

(98) pag. 132. Arago. nell'*Annuaire* del 1842, p. 245. Parecchi fatti sembrano indicare che allorchè una massa è ridotta meccanicamente allo stato di divisione estrema, la tensione elettrica può crescere abbastanza per isviluppare luce e calore. I tentativi fatti coi più grandi specchi concavi non hanno offerto sino ad ora alcuna prova decisiva dell'esistenza del calore radiante nella luce zodiacale. (Lettera di Matthiessen ad Arago nei *Comptes rendus*, t. XVI, 1843 aprile, p. 687.

(99) pag. 133. « Ciò ch'ella mi dice sulle variazioni della luce zodiacale fra i tropici, e sulle cause di tali variazioni, eccita tanto più vivamente il mio interesse, quanto che io stesso presto un'attenzione tutta particolare a questo fenomeno, ogni qualvolta e'si presenta, in primavera, nella nostra zona settentrionale. Io sono stato sempre del parer suo, che la luce zodiacale dovesse essere animata da un moto di rotazione; ma contro l'opinione di Poisson di cui ella mi dà parte, ammetto che cotesta luce si estenda fino al Sole, crescendo rapidamente d'intensità, e che la sua porzione più fulgida formi la corona luminosa di cui il Sole sembra essere circondato durante le eclissi totali. Da un anno all'altro notai considerevoli variazioni in tal luce; sovente essa è per più anni di seguito fulgidissima e d'una grand'estensione; sovente pure è in altri percettibile appena. Credo d'aver trovato la prima traccia della luce zodiacale in una lettera di Rothmann a Ticone, in cui Rothmann dice aver osservato che il crepuscolo della sera finiva, in primavera, allorchè il Sole era disceso a 24° sotto l'orizzonte. Rothmann

ha certamente preso la sparizione successiva della luce zodiacale nei vapori del tramonto per la fine reale del fenomeno crepuscolare. Io non ho mai veduto movimento d'effervescenza, a cagione probabilmente della languidezza della luce zodiacale nelle nostre contrade; ma a buon diritto ella attribuisce ai mutamenti che sopravvengono nella nostra atmosfera, specialmente nelle regioni elevate, le rapide variazioni di splendore che gli oggetti celesti le hanno presentato sotto i tropici. Questo si manifesta del modo più evidente nelle code delle grandi comete. Si vedono, sovente soprattutto per un cielo purissimo, in queste code pulsazioni che cominciano dalla testa, come dal punto più basso, e in uno o due secondi percorrono tutta la coda, di maniera che la coda stessa pare allungarsi rapidamente di più gradi e raccorciarsi tosto nella stessa guisa. Queste ondulazioni, di cui altre volte Roberto Hooke e recentemente ancora Schroeter e Chladni si sono occupati, non si producono nel corpo stesso della cometa; ma risultano da semplici accidenti della nostra atmosfera. La cosa è chiara se si pensa che le diverse parti d'una cometa lunga parecchi milioni di leghe si trovano necessariamente situate a distanze ineguallissime dalla Terra, e che la loro luce impiega, per venire fino a noi, intervalli di tempo che possono differire di parecchi minuti. Circa le variazioni della luce zodiacale ch'ella ha vedute, sulle sponde dell' Orenoco, prolungarsi per interi minuti, non saprei decidere se sia da attribuirle a corruscazioni reali, o pure ad un gioco della nostra atmosfera ne' suoi strati superiori. M'è ugualmente impossibile di spiegare il chiarore singolare di certe notti, del pari che l'estensione e lo splendore anormale dei crepuscoli del 1831, crepuscoli di cui la parte più rifulgente non corrispondeva, secondo alcuni osservatori, al luogo che il sole doveva occupare sotto l'orizzonte ». (Estratto d'una lettera che il dottor Olbers m'ha scritta da Brema il 26 marzo 1833).

(100) pag. 134. Biot, *Traité d'Astron. physique*, 3.a ediz., 1841, t. I, p. 171, 238 e 312.

(101) pag. 135. Bessel, nell'*Annuario* di Schum., del 1849, p. 51; questa celerità giunge forse a 742000 miriametri al giorno; la celerità *relativa* è almeno 618000 miriametri; il che è più del doppio della celerità con cui la terra compie le sue rivoluzioni intorno al Sole.

(102) pag. 136. Sul movimento del sistema solare secondo Bradley, Tobia Mayer, Lambert, Lalande e Gugl. Herschel, V. Arago nell'*Annuaire* del 1842, p. 388-399; Argelander, nelle *Nov. astr.* di Schum., n.° 363, 364, 398, e su Perseo, considerato come corpo centrale intorno a cui girerebbe tutto l'ammasso stellare, nella *Memoria sul movimento proprio del sistema solare*, 1837, p. 43; V. pure Ottone Struve, nel *Bull. de l'Acad. de Saint-Petersbourg*, 1842, t. X, n.° 9, p. 137-139. Un nuovo calcolo di quest'ultimo dà, per la direzione del movimento solare 261° 23' A. R.; † 37° 36; Decl.; ed unendo questo risultamento a quello d'Argelander, si trova per una combinazione definitiva di 797 stelle, 259° 9' A. R. † 34° 36' Decl.

(103) p. 137. Arist., *De coelo*, III, 2, p. 201; Bek, *Phys.*, VIII, 5, p. 256.

(104) p. 138. Savary, nella *Connaissance des temps*, pel 1830, p. 56 e 163;

Encke, *Eff. di Berlino*, 1852, p. 253 e seg.; Arago, nell' *Annuaire*, del 1834, p. 260-295; Gio. Herschel, nelle *Mem. of the Astr on. Soc.*, vol. V, p. 171.

(105) pag. 158. Bessel, *Ricerche sulla parte delle perturbazioni planetarie che risulta dal movimento di traslazio ne del sole*, nelle *Mem. dell'Accad. delle Scienze di berlino*, 1824 (*Classe delle Mat.*), p. 2-6. La questione era stata sollevata da Giov anni Tobia Mayer, nei *Comment. Soc. Reg. Gotting.*, 1804 1808, vol. XVI, p. 31-68.

(106) pag. 158. *Philos. trans. for* 1803, p. 225, Arago, *Annu aire* del 1842, p. 375. Se si vuole figurarsi d'un modo semplice la distanza delle stelle, quale fu da me riferita alcune linee più sopra nel testo, basta collocare due punti separati dalla distanza d'un piede, per rappresentare il Sole e la Terra; allora Urano sarà situato a 19 piedi dal pri mo punto, e Wega della Lira a 64 leghe (di 4000 m·).

(107) pag. 159. Bessel, nell'*Annuario*, di Schuma cher, 1839, p. 53.

(108) pag. 159. Maedler, *Astron.* p. 476; lo stesso nell'*Annuario* di Schum.

(109) p. 141. Sir. Gugl. Hersechel, nelle *Phil. trans. for* 1817, P. II, p. 328.

(110) pag. 141. Arago, nell'*Annuaire* del 1842, p. 459.

(111) pag. 141. Sir Gio. Herschel, in una lettera scritta dal capo di Buona Speranza, il 15 gennaio 1836; Nicholl, *Archit. of the Heavens*, 1838, p. 22, Vedi altresì varie indicazioni sparse di sir Guglielmo Herschel, sullo spazio vuoto di stelle che ci separa dalla via lattea nelle *Philosophical transactions for* 1817, P. II, p. 328.

(112) pag. 141. *Astron.* di sir Gio. Hersechel, § 624. Lo stesso nelle *Observations of Nebulae and Clusters of stars* (*Transact.*, 1833, P. II, p. 479, fig. 25): « *We hare here a brother system bearing a real physical resemblance and strong analogy of struture of our own* ».

(113) pag. 142. Sir Gugl. Hersechel, nelle *Trans. for* 1785, P. I, 257. Sir Gio. Herschel, *Astron.*, § 616. (« *The nebulons region of the heavens forms a* NEBULONS MILKY WAY, *composed of distinct nebulae as the other of stars* » Lo stesso, in una lettera indirizzata a me, in marzo 1829).

(114) pag. 142. Gio. Herschel, *Astron.*, § 585.

(115) pag. 142. Arago, *Ann.* del 1842, p. 282-285; 409-411 e 439-442.

(116) pag. 143. Ol bers, sulla trasparenza degli spazii celesti, *Effem.* di Bode, 1826, p. 110-121.

(117) pag. 143. « A opening in the heavens ». Gugl. Herschel, nelle *Trans. for* 1785, vol. LXXV, P. I. 256. Il francese Lalande, nella *Connaiss. des temps. pour l'an.* VIII, p. 383. Arago nell'*Annuaire* del 1842, p. 425.

(118) pag. 143. Arist., *Meteor.*, II, 5. 1; Seneca, *Nat. Quaest.*. I, 14, 2 « *Coelum discessisse,* » in Cic. *de Divin.*, I, 43.

(119) pag. 143. Arago *Annuaire* del 1842, p. 429.

(120) pag. 144. In dicembre 1837, sir Gio. Herschel, vide la stella η d'Argo la quale era sempre stata fin allora di seconda grandezza, crescere rapidamente in splendore, e diventare di prima grandezza. In genn. 1838, il suo splendore uguagliava già quello di α del Centauro. Secondo le novelle più recenti, Maclear

l'ha trovava, in marzo 1843, così brillante come Canopo; ed anzi α della Croce del Sud sembra affatto buia accanto a η d' Argo.

(121) pag. 145. «*Hence it follows that the reys of light of the remotest nebulae must have been almost two millions of ears on their way, and that consequenthye, so many of years ago, this obiect must already have had an existence in the sidereal heaven, in order to send out those rays by wihch we now perceive it.*» Gugl. Herschel, nelle *Transact. for* 1802, p. 498. Gio. Herschel, *Astron.* § 590. Arago, *Annuaire* del 1842, p. 334, 359 e 382-385.

(122) pag. 145. Questo è un verso tratto da un bel sonetto di mio fratello, Gugl. Humboldt, *Opere complete*, vol. IV, p. 358, n.º 25. Ted.

(123) pag. 145. Otfried Müller, *Prolehomena*, § 373.

(124) pag. 194. Quando si tratta della maggior profondità a cui i lavori degli uomini abbiano potuto pervenire, bisogna distinguere tra la profondità *assoluta*, calcolata dalla superficie stessa del suolo, e la profondità *relativa*, calcolata soltanto dal livello del mare. La maggiore profondità relativa che sia mai stata raggiunta è forse quella del pozzo artesiano di Neu-Salzwerk, presso Minden, in Prussia; essa era, in giugno 1844, di 607, 4.; la profondità assoluta era di 680 m. Il calore dell' acqua, in fondo al pozzo, scendeva allora a 32°, 7; ammettendo 9°, 6 per la temperatura media dell'atmosfera, si avrebbe un aumento di 1° per 29, 4 m. Il pozzo di Grenelle, a Parigi, ha 547 m. di profondità assoluta. A detta del missionario Imbert, la profondità dei nostri pozzi artesiani è superata d'assai da quella delle fontane di fuoco (*Ho-tsing*) in China; si forano quei pozzi onde procurarsi il gas idrogeno che si arde, nelle saline, per far evaporare l'acqua. Nella provincia chinese di Szu-tschuan, *fontane di fuoco* hanno ordinariamente da 600 a 650 metri di profondità; a Tseu-lieu-tsing (*luogo dello scolo perpetuo*) si è forato alla corda, nel 1812, un Ho-tsing di 975 m. (Humboldt, *Asia centrale*, t. II, p. 521 e 525; *Annales de l'association de la Propagation de la Foi*, 1829, n.º 16, p. 369). La profondità relativa raggiunta a Monte-Massi, in Toscana, al mezzodì di Volterra, non è che di 382 m., secondo Matteucci. È probabile che la miniera di carbon fossile d'Apendale, a Newcastle sulla Lyme (Staffordshire), venga, in fatto di profondità relativa, immediatamente dopo il pozzo artesiano di Neu-Salzwerk. In questa miniera, i lavori d'escavazione si eseguiscono a 725 yardi (658 m.) sotto la superficie (Tomaso Smith, *Miner' s Guide*, 1836, p. 160); sfortunatamente, non conosco l' altezza esatta del suolo sopra il livello del mare. La profondità della miniera di Mont-Wearmouth, a Newcastle, è di 456 m. soltanto (Phillips, nel *Philos. Malaz.*, vol. V, 1834, p. 446); quella dello scavo di carbone l'Esperance, a Seraing. 413 m., secondo H. de Dechen; quella dell' antico scavo di carbone Marihay, presso Val Saint-Lambert, nella vallata della Mosa, 376 m., secondo l' ingegnere delle miniere Gernaert. Gli scavi più profondi (misurando ora a partire dal suolo), sono stati intrapresi, per la massima parte, sopra altipiani od in vallate talmente alte che il livello del mare non venne oltrepassato che d'assai poco, od anche non vi si pervenne giammai. Un pozzo di miniera, attualmente abbandonato, a Kuttenberg, in Boemia, era ar-

rivato all'enorme profondità assoluta di 1151 m. (F. A. Schmidt, *Leggi relative alle miniere nella Mon. austr.*, 1.a div., vol. I, p. XXXII. Ted.). A San Daniele ed a Geist sulla Roererbühel (distretto di Litzbübl), i lavori erano pervenuti, nel XVI.° secolo, a 947 m. Si conservano ancora i piani dei lavori eseguiti sulla Roererbühle, nel 1539. (Giuseppe di Sperges, *Storia delle miniere del Tirolo*, p. 121. Ted.) Cf. altresì Humboldt, *Consigli sul componimento della galleria di Meissner, nelle miniere di Freiberg*, stampati in Herder; *Sulla galleria di scolo attualmente in via d'esecuzione*, 1838, p. CXXIV, ted.) La profondità straordinaria di tali lavori sembra essere stata assai anticamente conosciuta nell'Inghilterra, poichè Gilbert, *De magnete*, assicura che l'uomo ha potuto penetrare, nella scorza terrestre, a 780 ed anche a 975 m. di profondità. (« *Exigua videtur terrae portio quae unquam hominibus spectanda emerget ac eruitur: cum profundius in ejus viscera, ultra efflorescentis extremitatis corruptelam, aut propter aquas in magnis fodinis, tanquam per venas scaturientes, aut propter aeris salubrioris ad vitam operariorum sustinendam necessarii defectum, aut propter ingentes sumptus ad tantos labores exantlandos, multasque difficultates, ad profundiores terrae partes penetrare non possumus; adeo ut quadringentas aut (quod rarissime) quingentas orgyas in quibusdam metallis descendisse, stupendibus omnibus videatur conatus* ». (GUILIELMI GILBERTI, COLCESTRENSIS, DE MAGNETE PHYSIOLOGIA NOVA, Lon., 1600, p. 40). Le profondità assolute delle miniere di Freiberg, in Sassonia, sono di 592 e 557 m.; le profondità relative non oltrepassano 203 e 84 m.; supponendo che, per trovare l' altezza del suolo al di sopra del mare, si prenda, con Reich, 387 m. per quella de'Freiberg. La profondità assoluta delle miniere di Joachimsthal in Boemia, non meno celebre per la sua ricchezza di quelle di Freiberg, è di 646 m., senza che i lavori sieno pervenuti per questo al livello del mare, poichè le misure di H. de Dechen danno circa 731 m. per altezza della superficie al di sopra di tale livello. Nell'Hartz, il pozzo Sansone, a Andreasberg, ha 670 m. di profondità assoluta. Io non conosco, nella dianzi America spagnuola, miniere profonde di quelle di Valenciana, a Guanaxauto (Messico), dove io ho misurato la profondità assoluta dei *planes de San-Bernardo*: questi *planes* avevano 514 m.; cosicchè mancavan loro ancora 1816 metri per giugnere al livello del mare. La profondità degli antichi lavori di Kuttenberg supera l'altezza del monte Brocken, e non è inferiore all'altezza del Vesuvio che di 65 m. Paragonandola all'altezza dei più grandi edifizii costrutti dalla mano dell'uomo (la piramide di Ceope e la freccia della cattedrale di Strasburgo), si trova il ragguaglio di 8. a 1. I nostri libri geologici contengono tanti dati numerici d'una inesattezza manifesta; questi dati vennero alterati si spesso da fallaci riduzioni che m'è sembrato utile di presentare qui tutti i documenti certi che ho potuto raccogliere sulle profondità assolute e relative delle miniere e dei pozzi artesiani. — Allorchè si discende da Gerusalemme verso il Mar Morto, dirigendosi ad oriente, si gode d'uno spettacolo unico al mondo; dico unico per lo stato attuale delle nostre cognizioni sull'ipsometria della superficie terrestre: di mano in mano che non si avvicina alla spacca-

tura che serve di letto al Giordano, cammina a cielo aperto sopra strati di rocce la cui profondità sopra il livello del Mediterraneo è di 422 m. secondo il livellamento barometrico di Bertou e di Russeger. (Humb., *Asia Cent.* t. II, p. 323).

(125) pag. 150. In mancanza dei lavori dei minatori, gli strati che si curvano in forma di vôlte rovesciate, e che si vedono affondarsi e ricomparire più lungi, ad una distanza determinata, possono dare preziose indicazioni sulla costituzione delle parti profondissime della crosta terrestre; i dati di tal natura sono di somma importanza per la geognosia. Io vo debitore delle seguenti osservazioni ad un eccellente geologo, il sig. di Bechen: « La profondità della depressione formata dagli strati carboniferi di Lüttich, al monte Saint-Gilles, secondo le misure ch'io ho fatte, di concerto col nostro amico il sig. di OEynhausen, è di circa 1186 m. al disotto della superficie; siccome il monte Saint-Gilles non ha certamente più di 130 m. d'altezza assoluta, il fondo del seno è di 1056 m. sotto il livello del mare. Il seno dei letti di carbone di terra, a Mons, è ancora di 568 m. più profondo. Ma queste profondità sono assai leggiere in confronto di quella che si può dedurre dalla giacitura dei letti di carbone di terra di Saar-Revier (Saarbrücken). Io ho trovato, per diversi sperimenti, che lo strato di carbone situato nei dintorni di Duttweiler, presso Saarlouis, discende a 6710 m. sotto il livello del mare ». Questo risultamento supera di 2600 m. la profondità che io ho attribuita, nel testo, ad un seno formato dall' affaldamento degli strati devonici. I letti di carbone di terra di cui parla Dechen si affondano così sotto il livello del mare, quanto il Cimborazo s'innalza sopra il livello medesimo. A quella profondità, il calore terrestre dev'essere di 224.° Dalle più alte cime dell'Imalaia fino a tali strati dove la vegetazione del mondo primitivo è sepolta, la distanza calcolata verticalmente e di 14600 m., e di 1/436 del raggio della terra.

(126) pag. 153. Platone, *Phaedo*, p. 97 (Aristot. *Metaph.*, p. 985). Cf. Hegel, *Filos. della storia*, 1840, p. 16. Ted.

(127) pag. 154. Bessel, *Considerazioni generali sui lavori d'astronomia geodesica*, alla fine dell'opera di Bessel e Baejer. *Misura d'un arco del meridiano nella Prussia centrale*, p. 427. Quanto al passo relativo alla Luna. V Laplace, *Exp. du syst. du Monde*, p. 308.

(128) pag. 154. Plinio, II, 68. Seneca, Nat. Quaest. Praef. c. II. *El mundo es poco* (la terra è assai piccola), diceva Cristoforo Colombo, in una lettera che scriveva dalla Giammaica alla regina Isabella, il 7 luglio 1503, onde farle comprendere che il cammino di Spagna non poteva esser lungo quando si cercava «l'Oriente partendo dall' Occidente. » Cf. il mio *Examen crit. de l'hist. de la Geogr. du* 15.me *siecle*, t. I, p. 83; e t. II, p. 327. Delisle, Fréret e Gosselin hanno sostenuto che le contraddizioni dei Greci sulle dimensioni del nostro globo erano meramente apparenti e potevano esser levate tenendo conto della differenza degli stadii presi per unità di misura; io ho mostrato, nei due passi citati più sopra, che tale opinione era già stata emessa, nel 1495, da Jaime Ferrer, in una proposizione fatta da lui per istabilire la linea di delimitazione papale.

(129) pag. 154. Brew., *Life of sir Isaac Newton*. 1831, p. 162. » *The disco-*

very of the spheroidal form of Jupiter by Cassini had probably directed the attention of Newton to the determination of its cause, und consequently to the investigation of the true figure of the earth. » La prima pubblicazione di Cassini sullo scacciamento di Giove (lo aveva fissato a 1/15) è del 1691 (*Anciens Mémoires de l'Acad. des sciences*, t. II, p. 108). Ma sappiamo da Lalande (*Astron.*, 3.a ediz., t. III, p. 335) che Maraldi possedeva, in alcuni fogli stampati d'un'opera latina di Cassini « sulle macchie dei pianeti, » la prova che Cassini conosceva lo schiacciamento di Giove prima del 1666, vale a dire ventun anno avanti la comparsa dei *Principia* di Newton.

(130) pag. 155. Secondo le ricerche fatte da Bessel sopra dieci misure di grado, ricerche in cui si è tenuto conto dell' errore che Puissant ha scoperta nel calcolo della misura di grado francese (Schumacher, *novelle astronomiche*, 1841; n.º 438, p. 116. Ted.), il semi-asse maggiore dell'elissoide di rivoluzione che più si avvicina alla figura irregolare dello sferoide terrestre è di 3272077 t, 14 (6377398m, 1); il semi-asse minore è di 3261139 t, 33 (6356079m, 9); lo schiacciamento è di 1/299, 15. La lunghezza del grado medio d'un meridiano è di 57013 t, 109 (111120m, 64) con un errore di + 2 t, 8403 (5m, 536): così un miglio geografico vale 3807 t, 23 (7420m, 43). I risultamenti ottenuti anteriormente da altri autori, combinando le stesse misure di grado, oscillavano fra 1/302 e 1/297, per lo schiacciamento. Così, Walbeck, *De forma et magnitudine telluris in demensis arcubus meridiani definiendis*, 1819, ha trovato 1/302, 78. Ed. Schmidt, nel 1829. ha dedotto 1/297, 48, da sette misure di grado (*Corso di matem. e di geogr. fis.*, p. V). Sull' influenza che grandi differenze in longitudine esercitano sullo schiacciamento polare, V. la *Bibliothéque universelle*, t. XXXIII, p. 181, e t. XXXV, p. 56; V. pure la *Connaissances des temps*, 1829, p. 290. — Laplace dedusse il primo dalle sole ineguaglianze lunari il valore dello schiacciamento, ch'egli fissò a 1/304, 5, secondo le antiche tavole di Bürg (*Expos. du syst. du monde*, p. 229) e più tardi, a 1/299, 1, giusta le osservazioni della Luna, discusse da Burckhardt e Bouvard (*Mecanique celeste*, t. V. p. 13 e 43).

(131) pag. 156. Ecco i valori dello schiacciamento dedotti dalle oscillazioni del pendolo: risultamento generale della grande spedizione di Sabine (1822 e 1823 dall'equatore fino ad 8º di latitudine nord), 1/288, 7; secondo Freycinet, escludendo le serie di ricerche dell'Isola di Francia, di Guam e di Mowi (Maui) 1/286, 2; secondo Forster, 1/289, 5; secondo Duperrey, 1/266, 4; secondo Lüthe (*Partie nautique*, 1836, p. 232), 1/269, per undici stazioni. Le osservazioni che furono fatte tra Formentera e Dunkerque (*Connaiss. des temps*, 1816, p. 330) hanno dato 1/298, 2, secondo Mathieu, tra Formentera e l'isola d'Unst 1/304, secondo Biot. Cf. Baily, *Report on Pendulum experiments*, nelle *Memoirs of the royal Astron. Society*, vol. VII, p. 86; Borenius, nel *Bulletin de l'Acad. de Saint-Petersbourg*, 1843, t. I, p. 25 - la prima proposta d'impiegare la lunghezza del pendolo a secondi come base d' un sistema di misura, e di prendere il terzo di tale lunghezza (supposta costante su tutta la terra) per *pes horarius*, per unità di misura di cui tutti i popoli potrebbero in ogni

tempo, rinvenire il valore, si trova nell' *Horologium oscillatorium* di Huighens, 1673, prop. 25. Un tal voto vedesi riprodotto sopra un monumento che fu eretto solennemente sotto l'equatore, da Bouguer, La Condamine e Godin. Leggesi sulla bella tavola di marmo, ch'io rinvenni intatta nell' antico Collegio de' gesuiti, a Quito: *Penduli simplicis aequinoctialis unius minuti secundi archetypus mensurae naturali exemplar, utinam universalis!* Da quanto dice La Condamine nel suo *Journal de Voyage à l' Equateur*, 1751, p. 163, su certe lacune dell'inscrizione e sulle sue discrepanze con Bouguer in proposito d'alcuni numeri, m'aspettavo di trovare notevoli differenze tra la tavola di marmo e l'iscrizione publicata a Parigi. Fatto ogni debito confronto, non potei scoprire che due discordanze di poco momento: *ex arco graduum* 3 1/2, invece di *ex arcu graduum plus quam trium*, ed invece di 1742, la data 1745. Quest'ultima data è singolare, poichè La Condamine e Bouguer ritornarono in Europa nel 1744, l'uno nel mese di novembre, l'altro nel mese di giugno; Godin stesso aveva già lasciato l'America in luglio 1744. La correzione più importante e più utile, che si avesse potuto fare ai numeri citati nell' iscrizione, sarebbe stata quella della longitudine astronomica della città di Quito (Humboldt, *Recueil d'observ. astron.*, t. II, p. 319-354). Le latitudini scolpite da Nonet sui monumenti egiziani ci porgono un nuovo esempio del pericolo che si corre accordando troppo leggermente una specie di perpetuità solenne a risultamenti fatti o mal calcolati.

(132) pag. 156. Sulla crescente intensità d' attrazione che si è osservata nelle isole vulcaniche (Sant' Elena, Ualan, Fernando-de-Noronha, Isola di Francia, Guaham, Mowi e Galapagus), tranne l'isola di Rawak la quale fa eccezione a questa regola forse a motivo della vicinanza delle alte terre della Nuova Guinea (Lütke, p. 240). V. Mathieu, nella *Hist. de l'Astron. au XVIII siécle*, di Delambre, p. 701.

(33) pag. 156. Numerose osservazioni hanno provato che, in mezzo ai continenti stessi, esistono locali attrazioni le quali s'annunziano con grandi irregolarità nella lunghezza del pendolo (Delambre, *Misure de la meridienne*, t. III, p. 548; nelle *Mem. de l' Acad. des sciences*, t. VIII, 1829, p. 18 e 23). Allorchè si traversa da ponente a levante il mezzodì della Francia e della Lombardia, si trova a Bordeaux la più debole intensità della gravità; poi l' intensità crescente rapidamente a Figeac, a Clermont-Ferrand ed a Milano, fino a Padova, dov' essa tocca il massimo punto. L' influenza della pendice meridionale delle Alpi su tali variazioni non dev'essere attribuita unicamente alla grande massa di quella catena, ma sopra tutto alle rocce di melafiero e di serpentino che ne hanno operato il sollevamento; tale è l'opinione di Elia di Beaumont, nelle sue *Rech. sur les Révol. de la surfac du globe*, 1830, p. 729. Si può dire altrettanto delle pendici dell'Ararat, il quale si trova col Caucaso, pressochè nel centro di gravità dell' Antico Continente (Europa, Asia, Africa); le accurate osservazioni del pendolo che Federow ha fatte su tal punto, anzichè stabilire l'esistenza di cavità sotterranee, inducono a ritenere quella di masse vulcaniche d' una gran densità (Parrot, *Viaggio al monte Ararat*, vol. II, p. 143).

Nelle operazioni geodesiche di Carlini e di Plana in Lombardia si riscontrano differenze di 20" a 47", 8 tra le latitudini astronomiche e le latitudini dedotte da quelle operazioni (V., per esempio, Andrate e Mondovì, Milano e Padova, nelle *Opérations géodes. et astron. pour le mesure d'un arc du parallele moyen*, t. II, p. 347; *Effem. astron. di Milano*, 1842, p. 57). Se si calcola la latitudine di Milano per quella di Berna, mediante la triangolazione francese, si trova 45° 27' 52" °, mentre le osservazioni astronomiche hanno dato 45° 27' 35". Siccome le perturbazioni si estendono nelle pianure della Lombardia fino Parma, molto al sud del Po (Plana, *Opérat. géod.*, t. II, p. 847), è lecito di credere che le cause le quali deviano il piombino dipendano dalla natura stessa del suolo della pianura. Effetti simili si sono affacciati a Struve nelle parti più piane dell'Europa orientale (Schumacher, *Nov. astron.*, 1830, n.° 164, p. 399). Quanto all' influenza delle masse pesanti che si suppongono esistere per una profondità uguale all' altezza media della catena delle Alpi, V. le espressioni analitiche inserite da Hossard e Rozet nei *Comptes rendus*, t. XVIII, 1844, p. 292; e Cf. con Poisson, *Traité de Mecanique*, 2ª ediz., t. I, p. 482. La prima indicazione dell' influenza che le rocce di diversa natura possono esercitare sulle oscillazioni d' un pendolo, è stata data da Tom. Young, nelle *Philos. transact.* del 1819, p. 70-96. Ma allorquando si tratta di trarre dalle osservazioni del pendolo qualche conclusione sulla curva della terra, non bisogna perdere di vista che la consolidazione della crosta terrestre può essere stata anteriore all'eruzione delle masse basaltiche e metallifere.

(134) pag. 157. Laplace, *Exp. du syst. du monde*, p. 251.

(135) pag. 157. Le osservazioni del pendolo fatte da La Caille, al Capo di Buona Speranza, e calcolate con la massima cura da Mathieu (Delambre, *Hist. de l'Astr. au XVIII siècle*, p. 479), danno uno schiacciamento di 1/284,4; ma di qualunque modo combinare si vogliano le osservazioni fatte sotto le stesse latitudini, nei due emisferi (la Nuova Olanda e le isole Maluine, confr. con Barcellona, Nuova York e Dunkerque), non si trova alcun fondamento per ritenere lo schiacciamento medio dell'emisfero australe maggiore che quello dell'emisfero boreale (Biot, nelle *Mém. de l'Acad. des sciences*, t. VIII, 1829, p. 39-41).

(136) pag. 158. I tre metodi d'osservazione danno i risultati seguenti: 1.° per la deviazione del piombino presso il monte Shehallien (in gallese *Thichallin*), nel Pertshire, metodo proposto altra volta da Newton e posto in esecuzione, nel 1774 1776, e nel 1810, da Maskelyne, Hutton e Playfair, 4,713; 2.° per le oscillazioni d' un pendolo osservate sulla sommità d' una montagna e nella pianura, 4,837 (osservazioni di Carlini sul Moncenisio, comparate alle osservazioni di Biot, a Bordeaux, *Effemer. astr. di Milano*, 1824, p. 184); 3.° per la bilancia di torsione e coll' aiuto d'un apparato imaginato primitivamente da Mitchell, Cavendish ha trovato 5,48 (secondo Hutton, il quale ha riveduto i calcoli, 5,32; secondo la revisione d'Eduardo Schmidt, 5,52: *Corso di geogr. matem.*, vol. I, p. 487. Ted.); con la bilancia di torsione Reich ha trovato 5,44. Nel calcolo di queste ultime ricerche, della più squisita esattezza, il prof. Reich ottenne prima, per risultamento medio, 5,43 (con un errore pro-

babile di 0,0233 soltanto) ; ma. tenendo conto della quantità di cui la forza centrifuga diminuisce l' intensità della gravità, sotto la latitudine di Freiberg (50°55) si ottiene definitivamente 5,44. La sostituzione del ferro fuso al piombo non ha prodotto alcuna differenza che non si fosse in diritto di attribuire ai piccoli errori dell' osservazione; non si manifestò traccia alcuna d' azione magnetica (Reich, *Ricerche sulla densità media della terra*, 1858, p. 60, 62 e 66, ted.). La densità media della terra, che si dedusse primamente dalle osservazioni fatte alla sommità ed al piede delle montagne, è troppo debole di circa 1/6; 4761 (Laplace, *Mec. celeste*, t. V. p. 46) a 4,785 (Ed. Schmidt, *Corso di Geog. matem.*, vol. I, § 587 e 418). Questa differenza si spiega con l' impiego, nei calcoli, d' un valore troppo debole dello schiacciamento, e con la difficoltà di determinare con esattezza la densità delle rocce della superficie. — sull'ipotesi di Halley (citata p. 159 nel testo) il quale considerava la terra come una sfera cava (quivi è il germe delle idee di Franklin sui terremoti). V. le Phylos. trans. *for the year*, 1693, vol. XVII, p. 563. (*On the structure of the internal parts of the Earth, and the concave habitated arch of the shell.*) Halley è d' opinione che sia più degno del Creatore « che il globo terrestre sia abitato all' interno ed all' esterno, come una casa di più piani. Quanto alla luce necessaria per illuminare l' interno, deve esservi stato provveduto d' un modo qualunque (p. 576) ».

(137) pag. 160. Questa questione è stata oggetto di eccellenti lavori analitici di Fourier, di Biot, di Laplace, di Duhamel e di Lamé. Nella *Théorie mathématique de la Chaleur*, 1835, p. 3, 428-430-436- e 521-524 (V. pure l'estratto che ne ha fatto de la Rive nella *Biblioth. univ. de Genève*, t. XL, p. 415), Poisson ha sviluppato un'ipotesi compiutamente opposta alle vedute di Fourier (*Théorie analit. de la Chaleur*). Egli nega che il nucleo della Terra sia attualmente in istato liquido; secondo lui, « allorchè la terra si è raffreddata per l'irradiazione verso il mezzo ambiente, le parti della superficie che si sono solidificate si sono tosto precipitate verso il centro, ed una doppia corrente ascendente e discendente ha così diminuito la grande ineguaglianza che avrebbe avuto luogo in un corpo solido il cui raffreddamento si operasse a partire dalla superficie. » Il grande geometra ammette che la solidificazione abbia cominciato dalle parti più vicine al centro; che il fenomeno del calore crescente con la profondità non si estende alla intera massa del globo, e ch'esso è una semplice conseguenza del movimento del nostro sistema planetario nello spazio celeste, le diverse parti del quale posseggono, in virtù del calore stellare, differentissime temperature. » Il calore de'nostri pozzi artesiani non sarebbe dunque, secondo Poisson, che un calore straniero il quale avrebbe penetrato dall' esterno all' interno del globo terrestre; « potrebbesi paragonare quanto ad un macigno che si trasportasse dall' equatore fin sotto i poli, abbastanza rapidamente perchè non avesse tempo di raffreddarsi interamente; l'accrescimento di temperatura non si estenderebbe, in tal masso, fino agli strati vicini al centro. » Si possono leggere negli *Annali di Fisica e di Chimica* di Poggendorff, vol. XXXIX, pag. 93-100, le giuste obbiezioni che tale singolare teoria cosmogonica ha sollevate,

attribuendo agli spazii celesti un fenomeno che si spiega assai meglio col trapasso della materia primitivamente gasosa allo stato attuale di solidificazione.

(138) pag. 160. L'accrescimento di calore indicato dal pozzo di Grenelle, a Parigi, è di 1° per 32 m.; pel pozzo artesiano di Neu-Salzwerk presso Minden, in Prussia, di 1° per 29m, 6; a Pregny, presso Ginevra, l' orifizio del pozzo artesiano è situato a 490m al disotto del livello del mare, e nondimeno l'accrescimento vi è ancora di 1° per 29m, 6 secondo Augusto De la Rive e Marcet. Questo metodo è stato proposto per la prima volta, nel 1821, da Arago (*Ann. du Bureau des Longitudes*, 1835, p. 234); si è veduta l'ammirabile concordanza de'risultamenti ch'esso ha prodotto pei tre pozzi artesiani le cui profondità sono rispettivamente 547, 680 e 221 metri. Se v'hanno due punti sulla terra (situati a breve distanza l'uno sotto l'altro), le cui medie temperature annuali sieno ben conosciute, questi due punti si trovano all' Osservatorio di Parigi: dove la temperatura dell'aria esterna è 10°,822, e quella delle *cantine* 11°,834; la differenza è 1°,022 per 28 m. di profondità (Poisson, *Théorie mathém. de la Chaleur*, p. 415 e 462). Sembra che, nel corso di questi diciasette ultimi anni, certe cause la cui natura non è ancora appieno conosciuta abbiano fatto salire di 0°220, non la temperatura delle cantine dell' Osservatorio, ma sì le indicazioni del termometro che vi si trova appeso. Se i pozzi artesiani presentano alcune probabilità di perturbazione nella loro temperatura propria, per poco che acque straniere vi s' introducano per laterali fenditure, le osservazioni fatte nelle miniere sono esposte a molti altri errori, a motivo delle correnti d'aria fredda che vi circolano di continuo. Le numerose ricerche fatte da Reich sulla temperatura dei pozzi delle miniere di Sassonia stabiliscono un aumento un po'più lento del terrestre calore; Reich trova 1° d'accrescimento per 41m,84. (*Osservazioni sulla temperatura degli strati a diverse profondità*, 1834, p. 134). Nulladimeno, Phillips ha trovato (*Annali* di Pogg., vol. XXXIV, p. 191) in un pozzo della miniera di carbone di Monk-Wearmouth, a Newcastle, la cui profondità è di 456 m. sotto il livello del mare, un aumento di calore di 1° per 32m, 4, risultamento pressochè identico a quello che Arago e Walferdin hanno ottenuto pel pozzo di Grenelle.

(139) pag. 162. Boussingault, *Sur la profondeur à laquelle se trouve la couche de température invariable, entre les tropiques*, negli *Annales de Chimie et de Physique*, t. LIII, 1833, p. 225-247.

(140) pag. 163. Laplace, *Exp. du syst. du Monde*, p. 229 o 263, *Mécanique céleste*, t. V, p. 18 e 72. È da osservare che la frazione 1/120 di grado centesimale del termometro a mercurio, la quale indica, nel testo, il limite della stabilità della temperatura terrestre, dal tempo d' Ipparco suppone che la dilatazione delle materie di cui si compone il globo terrestre sia uguale a quella del vetro, o a 1/100000 per 1° del termometro. V. le osservazioni di Arago su questa ipotesi, nell' *Annuaire* pel 1843, p. 177-190.

(141) pag. 164. Gugl. Gilbert, di Colchester, cui Galileo chiamava « grande fino a destare invidia, » diceva già: *Magnus magnes ipse est globus terrestris.* » Egli motteggiava le montagne di calamita che Fracastoro, l' illustre contempo-

raneo di Cristoforo Colombo, collocava ai poli: « *Rejicienda est vulgaris opinio de montibus magneticis, aut rupe aliqua magnetica, aut polo phantastico a polo mundi distante.* » Ammette che la declinazione dell' ago calamitato sia invariabile su tutta la terra (*variatio unuiscujusque loci constans est*); e spiega le curvature delle linee isogoniche con la configurazione dei continenti e la situazione dei bacini dei mari, la cui azione magnetica é minore di quella delle masse solide che s' innalzano al di sopra dell' Oceano (Gilbert, *De Magnete*, ed. 1633, p. 42, 98, 152 e 155).

(142) pag. 164. Gauss, *Teoria generale del magnetismo terrestre*, nei ***Risultamenti*** *delle osservazioni dell'Unione pel magnetismo*, 1838, § 41, p. 56.

(143) pag. 165. Esistono altre cause pertubatrici ancora più locali, la cui sede è forse meno profondamente situata, ed i cui effetti non si estendono molto lontano. Ho fatto conoscere da lungo tempo, un esempio assai raro di queste perturbazioni straordinarie che si erano fatte sentire nelle miniere di Freiberg e non a Berlino (*Lettre de M. Humboldt à son A. R. le duc de Sussex, sur les moyens propres à perfectionner la connaissance du magnetisme terrestre*, nel *Traité experimental de l'Electricité* di Becquerel, t. VII, p. 442). Si sono vedute certe magnetiche tempeste manifestarsi contemporaneamente dalla Sicilia fino a Upsala, senza propagarsi da Upsala ad Alten (Gauss e Weber, ***Risultamenti*** *dell' Unione magnetica*, 1839, p. 128; Lloyd, nei *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. XIII, 1843. Sem. II, p. 725 e 827). Fra i numerosi e recenti esempi di tali perturbazioni cui Sabine ha raccolti nella sua importante opera (*Observ. on days of unusual magnetic disturbance*, 1843), uno de'più notevoli è quello del 25 settembre 1841: la perturbazione si fece sentire a Toronto, nel Canadà, al capo di Buona Speranza, a Praga, e in parte almeno, alla Terra di Van Diemen. La rigorosa celebrazione della domenica appo gl' Inglesi, per cui è peccaminoso dopo la mezzanotte del sabato fin l'occuparsi d'una scala graduale, quand'anche si trattasse del finale risultamento d' un grande fenomeno della creazione, ha fatto sì che, essendo la magnetica tempesta, di cui parliamo, caduta precisamente in una domenica, nella terra di Van Diemen, a motivo della differenza di longitudine, l' osservazione di essa rimasta sia incompiuta! (*Observ.* p. XIV, 78, 85 e 87).

(144) pag. 165. Ho mostrato nel *Journal de Physique* di Lamétherie, 1804, t. LIX, p. 449, come si possa determinare la latitudine mediante l'inclinazione dell'ago calamitato, sopra una costa diretta da settentrione a mezzodì la quale, come quelle del Chilì e del Perù, sarebbe costantemente avvolta in nebbie (*garua*) durante una parte dell'anno. Tale applicazione è tanto più utile per quella località, che una corrente violenta esiste da mezzodì a settentrione fino a Cabo-Perinna, ed un navigatore perderebbe molto tempo se, per non conoscere bene la sua latitudine, rasentasse la costa al nord del porto dove vuole dar fondo. Nel mare del Sud, da Callao di Lima fino a Truxillo, vale a dire, per una differenza in latitudine di 3° 57', ho trovato 9° (divisione centesimale) di variazione nell'inclinazione dell'ago calamitato; da Callao a Guayaquil, ho trovato, per 9° 50' di differenza in latitudine, 23° 05 di differenza nell'inclinazione ma-

gnetica (V. la mia *Relation hist.*, t. III, p. 622), a Guarmey (lat. 10° 4' sud), a Huaura (lat. 11° 3), a Chancay (lat. 11° 32'), le inclinazioni sono rispettivamente: 6°,80 ; 9°,00, e 10°,35 della divisione centesimale. Questo metodo per determinare la latitudine mediante la bussola d' inclinazione è dunque perfettamente appli cabile allorchè la nave fa cammino, taglia pressochè ad angolo retto le linee isocliniche, ed a questo notabile vantaggio su tutti gli altri metodi che non esige la determinazione dell'ora, nè per conseguenza l' osservazione del Sole o degli altri astri. Ho trovato recentissimamente, che verso la fine del secolo XVI.°, appena vent'anni dopo l'invenzione dell'*Inclinatorium* di Roberto Norman, Guglielmo Gilbert aveva proposto, nella sua grande opera *de Magnete*, di determinare la latitudine mediante l' ago calamitato, allorchè il cielo nebbioso « *aere caliginoso* » (*Phisiol. nova de Magn.*, lib. V, cap. 8. p. 200)· Eduardo Wright dice, nella prefazione che ha aggiunta all' opera del suo illustre maestro. che una tale proposta «vale molt'oro.» Siccome però credeva, con Gilbert, che le linee isocliniche coincidessero coi paralleli della sfera, del pari che l'equatore magnetico con l'equatore geografico, non ha scorto che tale metodo non potrebbe servire da per tutto, ma solamente in qualche località.

(145) pag. 166. Gauss e Weber, *Risultamenti dell' Unione magnetica*. 1838, § 31, p. 46.

(146) 166. Secondo Faraday (*London and Edinb. Philos. Magazine*, 1836, vol. VIII, p. 178), il cobalto puro non possiede alcuna proprietà magnetica. Non m'è ignoto che altri celebri chimici (Enrico Rose e Woehler) non riguardano questa asserzione di Faraday come assolutamente decisiva. Nondimeno, se di due masse di cobalto depurate con cura e supposte amendue scevre di nichelio, l'una si mostrasse indifferente al magnetismo (il magnetismo *in riposo*) mentre l'altra presentasse qualche proprietà magnetica, parmi si possa sospettare in questa un difetto di purezza, e conchiudere come ha fatto Faraday stesso.

(147) pag. 166. Arago, negli *Annales de Chimie*, t. XXXII, p. 214; Brewster, *Treatise of Magnetism*, 1837, p. 111; Baumgartner, nel *Jurna. de phys. et de mathém.*, vol. II, p. 419, ted.

(148) pag. 166. Humboldt, *Examen critique de l'hist. de la géographie*, t. III, p. 36.

(149) pag. 166. *Asie cent.*, t. 1, Introduction, p. XXXVII-XLII. I popoli occidentali, i Greci ed i Romani sapevano che si possono comunicare al ferro proprietà magnetiche *permanenti*. (« *Sola haec materia ferri vires a magnete lapide accipit* RETINETQUE LONGO TEMPORE.» Plin., XXXIV, 14). Avrebbesi dunque potuto scoprire altresì *nell'Occidente* la forza direttrice del globo, ove si avesse avuto l' avvertenza di sospendere ad un filo o di far galleggiare sull'acqua sopra un legno un lungo frammento di calamita od una verga di ferro calamitato, osservandone poscia i movimenti nello stato di libertà.

(150) pag. 167. I luoghi dove la declinazione magnetica è invariabile, o almeno non prova che lente variazioni secolari, sono i soli dove si possano stabilire le linee di delimitazione col mezzo della bussola, indipendentemente dalle

correzioni della declinazione dell' ago, e senza esporsi al pericolo di vedere le azioni magnetiche del globo far cangiare alla lunga la superficie legalmente verificata delle proprietà. « *The whole mass of West-India property,* » dice sir Giovanni Herschel, « *has been saved from the bottomless pit of endless litigation, by the invariability of the magnetic declination in Jamaica and the surrounding archipelago during the whole of the last century all surveys of property there having bee conducted solely by the compass.* » Ved. Robertson, nelle *Philos. transact.; for* 1806, P. II, p. 248. *On the permanency of the compass in Jamaica since* 1660. Nella madre patria (l' Inghilterra) la declinazione ha variato di 10° nello stesso lasso di tempo.

(151) pag. 168. Io ho mostrato altrove che i documenti che ci sono pervenuti sui viaggi di Cristoforo Colombo possono servire a determinare la posizione esatta di tre punti della *linea atlantica senza declinazione,* pel 13 settembre 1492, il 21 maggio 1496 ed il 16 agosto 1498. La linea atlantica senza declinazione era allora diretta dal N. O al S. O; essa toccava il continente meridionale dell'America, alquanto a levante del capo Codera, mentre oggidì lo tocca a settentrione della costa del Brasile (Humboldt. *Examen critique de l'histoire de la geographie,* t. III, p. 44-48). Vedesi chiaramente dalla *Physiol. nova de Magnete* di Gilbert (lib. IV, c. 1, e questo fatto è molto sorprendente), che nell'anno 1600 la declinazione era nulla nei dintorni delle Azzore, come al tempo di Colombo. Io credo d'aver provato sull' appoggio di documenti nel mio *Examen crit.* (t. III, p. 54), che se la famosa linea di delimitazione stabilita da papa Alessandro VI per dividere l'emisfero occidentale tra il Portogallo e la Spagna, non fu tracciata per la più occidentale delle Azzore, la ragione si è che Colombo considerò sempre come d'una grande importanza la zona (*raya*) ove la bussola non mostra variazione alcuna, dove l'aere ed il mare coperto di erbe marine si foggiano diversamente, dove cominciano a spirare le fresche brezze, e (così gl' insegnavano erronee osservazione della stella polare) la figura (sfericità) della terra « non essere più la stessa ».

(152) p. 168. Una questione del più alto interesse pel problema della fisica origine del magnetismo terrestre è di sapere se i due sistemi ovali di linee isogoniche debbano conservare la chiusa loro forma singolare, durante il corso di questo secolo, o se debbano sciogliersi e dispiegarsi? Nel nodo dell'Asia orientale, la declinazione aumenta dal di fuori al di dentro. Il contrario avviene pel nodo ed ovale del mare del Sud; non si conosce anzi oggidì in tutto il mare del Sud, all'est del meridiano del Kamciatcà, alcuna linea di declinazione che sia al di sotto di 2° (Erman, negli *Annali* di Pogg., vol. XXI, p. 129). Nondimeno Cornelio Schouted avrebbe trovato, nel 1616, il giorno di Pasqua, la declinazione nulla per 15° di latitudine sud e per 132° di longitudine occidentale, vale a dire un po'più nel sud-ovest di Nukahiva (Hansten *Magnetismo della Terra,* 1819, p. 28. Ted). Non bisogna in mezzo a tutte queste considerazioni dimenticarsi che gli spostamenti delle linee magnetiche non possono essere seguiti altrimenti che in proiezioni sulla superficie medesima del globo.

(153) pag. 169. Arago nell'*Annuaire*, 1836, p. 285, e 1840, p. 330-338.

(154) pag. 169. Gauss, *Teoria generale del magnetismo terrestre*, § Ted.

(155) pag. 169. Duperrey, *De la configuration de l'equateur magnétique*. negli *Annales de Chimie*, t. XLV, p. 371 e 379. (V. altresì Morlet, nelle *Mém. présentées par divers savants à l'Acad. roy. des Sciences*, t. III, p. 132).

(156) pag. 170 V. nell' opera di Sabine (*Contributions to terrestrial mamagnetism*, 1840, p. 139) la notabile carta delle linee isocliniche, nell'Oceano Atlantico, per gli anni 1825 e 1837.

(157) pag. 170. Humboldt, *Sulle variazioni secolari dell' inclinazione magnetica*, negli *Annali* di Poggend., vol. XV, p. 322.

(158) pag. 171. Gauss, *Risult. delle osser vazioni dell'Unione magnetica*, 1838, § 21; Sabine, *Report on the varation of the magnetic intensity*, p. 63.

(159) pag. 171. Ecco la sposizione storica dei fatti relativi alla scoperta di una legge importante pel magnetismo terrestre, quella delle intensità crescenti (in generale) con le latitudini magnetiche. Quando volli unirmi nelle 1798 alla spedizione del capitano Baudin, per un viaggio di circumnavigazione, Borda prese calda parte al mio disegno e m' invitò a far oscillare un ago verticale nel meridiano magnetico, per differenti latitudini, sull'uno e l'altro emisfero, onde esaminare se l' intensità magnetica varia, o se da per tutto è la stessa. Tali ricerche furono effettivamente uno degli oggetti principali ch' ebbi in veduta quando intrapresi il mio viaggio nelle regioni equinoziali dell'America. Ivi ebbi ad osservare, che un medesimo ago il quale compie in 10 minuti 245 oscillazioni a Parigi, ne fa 246 all' Avana, 242 al Messico, 216 a San Carlo del Rio Negro (lat. 1° 53′ N., long. 8° 40′ O.), 211 solamente al Perù, sull' equatore magnetico, vale a dire sulla linea dove l'inclinazione è = 0 (lat. 7° 1′ S., long. 80° 40′ O.), e trasportato a Lima (lat. 12° 2′ S.) lo stesso ago eseguisce 219 oscillazioni nello stesso intervallo di tempo. Così, dal 1799 al 1803, io ho trovato che rappresentando per 1,000 la forza totale sull'equatore, magnetico, nella catena delle Ande peruviane, tra Micuipampa e Caxamarca, la forza totale a Parigi è rappresentata da 1,3482; a Messico da 1,3155; a San Carlo del Rio Negro, da 1,0773. Allorchè io sviluppai, all'Istituto, il 26 *frimaire* anno XIII, in una Memoria, di cui la parte matematica appartiene a Biot, la legge delle variazioni dell' intensità della forza magnetica del globo, mostrando ch'essa era comprovata dai lavori numerici dedotti dalle osservazioni verificate in 104 punti diversi, la legge ed i fatti apparvero compiutamente nuovi. Fu soltanto dopo la lettura di tale Memoria che il sig. di Rossel cominciò a Biot sei osservazioni anteriori, fatte dal 1791 al 1794 alla terra di Van Diemen, a Giava e ad Amboine: questa circostanza venne espressamente registrata da Biot nella indicata Memoria (Lamétherie, *Journal de Physique*, t. LIX, p. 446, nota 2) e da me stesso nella *Relation histor.*, t. I, p. 262, nota 1. Le osservazioni del sig. di Rossel stabiliscono pure il decremento d' intensità nell'arcipelago Indiano. È presumibile che avanti la lettura della mia memoria, quest'eccellente uomo non avesse riconosciuto, ne' suoi proprii lavori, la regolarità con cui l' intensità aumenta o diminuisce; poichè non ave-

va mai parlato di questa legge importante a'nostri comuni amici Laplace, Delambre, Prony e Biot. Non prima dell'anno 1808, vale a dire quattro anni dopo il mio ritorno d'America, le osservazioni del sig. di Rossel comparvero nel *Voyage d'Entrecasteaux*, t. II, p. 287, 291, 321, 480 e 644. In tutte le *Tavole d' intensità magnetica*, che vennero in luce, sia in Allemagna (Hansteen, *Magnet. della Terra*, 1819, p. 71; Gauss. *Oss. dell'Unione magnetica*, 1838, p. 36-39; Erman, *Oss. fis.*, 1841, p. 529-579), sia in Inghilterra (Sabine, *Report on magnet. Intensity*. 1838, p. 43-62; *Contributions to terrestrial magnetism*, 1843) sia in Francia (Becquerel, *Traité d'Electr. et de Magn.*, t. VII, p. 354-367), si è conservato l' uso di ridurre le oscillazioni osservate in qualsivoglia luogo sulla superficie del globo alla misura della forza da me trovata sull'equatore magnetico, nel Perù settentrionale; ond' è che questa forza essendo scelta per unita convenzionale, l'intensità magnetica a Parigi si trova espressa da 1, 348. Ma altre osservazioni, anteriori anche a quelle dell'ammiraglio Rossel, furono fatte da Lamanon, durante l'infelice spedizione di Lapérouse, e indirizzate all'Accademia delle scienze: le quali osservazioni comiuciate durante la stazione all'isola di Teneriffa (1785), furono continuate fino all'arrivo a Macao (1787). Si sa positivamente (Becquerel, t. VII, p. 320) ch'esse erano già, in luglio 1787, nelle mani di Condorcet; ma ad onta d'ogni ricerca fin qui fatta, tali osservazioni non si sono ritrovate. Il capitano Duperrey possiede la copia d'una lettera assai importante di Lamanon, indirizzata al segretario perpetuo dell'Accademia e dimenticata nella stampa del *Voyage de Lapérouse*. Vi è detto espressamente: « che la forza attrattiva della calamita è minore ai tropici che avanzando verso i poli, e che l' intensità magnetica dedotta dal numero delle oscillazioni dell'ago e della bussola d'inclinazione cangia ed aumenta con la latitudine. » Se l'Accademia delle Scienze si fosse creduta autorizzata ad anticipare il ritorno ora operato dell' infelice Lapérouse ed a pubblicare, nel 1787, una verità la quale doveva poi essere trovata da tre viaggiatori, ignari l'uno dell'altro, la teoria del magnetismo terrestre non avrebbe atteso diciotto anni il progresso di cui doveva essere dotata con la scoperta d' una nuova classe di fenomeni. Questa semplice sposizione dei fatti potrà forse specificare il seguente passo della mia *Relation historique*, t. III, p. 615. « Le osservazioni sulle variazioni del magnetismo terrestre alle quali mi sono applicato per trentadue anni, col mezzo di stromenti paragonabili fra loro, in America, in Europa ed in Asia, abbracciano nei due emisferi, dalle frontiere della Dzungaria chinese, fino, verso ponente, al mare del Sud che bagna le coste del Messico e del Perù, uno spazio di 188° di longitudine, dai 60° di latitudine nord fino al 12° di latitudine sud. Io ho riguardato la legge del decremento delle forze magnetiche, dal polo all'equatore, come il risultamento più importante del mio viaggio americano. Non è certo, ma è probabilissimo, che Condorcet abbia letto la lettera di Lamanon del mese di luglio 1787 in una sessione dell'Accademia delle scienze; ed io considero una semplice lettura di tal genere come una *pubblicazione* perfettamente valevole (*Annuaire du Bureau des Longitudes*, 1842, p. 463). Così il compagno di Lapérouse è incontrastabilmente il primo che abbia riconosciu-

to l' esistenza della legge; ma questa legge dell' intensità del magnetismo terrestre variabile con la latitudine, legge che venne sì a lungo negletta o lasciata in profondo oblio, non ha ricevuto, a mio credere, una vera scientifica esistenza se non dall' epoca in cui io ho pubblicato le mie osservazioni del 1798 al 1804. L' oggetto e la lunghezza di questa nota non saranno per sorprendere coloro i quali conoscono la recente storia del magnetismo e le incertezze da esso suscitate, specialmente quando sanno per propria esperienza valutare il prezzo di cinque anni continui di rischiosi viaggi di montagna sotto il peso del clima tropicale.

(160) pag. 172. Il massimo dell'intensità dell'intera superficie del globo è secondo le raccolte osservazioni 2,052, il minimo 0,706. E l' uno e l' altro appartengono all'emisfero australe: il primo fu osservato presso il monte Crozier, all'O. N. O del polo sud magnetico, per 73° 47′ di latitudine sud, e per 169°30′ di latitudine ovest, in un punto dove il capitano James Ross ha trovato 87° 11′ per l' inclinazione dell' ago (Sabine, *Contributions to terrestrial magnetism*, 1843, n.° 5, p. 231). Il minimo venne osservato da Erman, per 19° 59′ di latitudine sud e 37° 24′ di longit. ovest, a 80 miglia all' est della costa brasiliana della provincia Espiritu Santo (Erman, *Oss. fis.* 1841, p. 570); in tal punto la inclinazione è solamente di 7° 55′. Così la esatta relazione delle intensità è quella di 1 a 2,906. Si è lunga pezza creduto che l'intensità più forte non oltrepassava due volte e mezza l' intensità più debole che si potesse trovare sulla superficie del nostro pianeta (Sabine, *Report. on magn. intensity*, p. 82).

(161) pag. 173. Plinio ha detto sull'ambra (*succinum*, *glessum*) XXXVII. 3: « *Genera ejus plura. Attritu digitorum accepta caloris anima trahunt in se paleas ac foliae arida quae levia sunt, ac ut magnes lapis ferri ramenta quoque.* » (*Plato in* Timaeo, p. 80; Martin, *Études sur le Timée.* t. II, p. 343-346; Strabone, XV, p. 703, Casaub.; Clemens Alex. *Strom.* II, p. 370, in cui si trova una distinzione singolare tra To σουχιον e τοῆλιχτρο). Allorchè Tale in Aristotele, *de Anima*, 1, 2, ed Ippia, in *Diog. Laerz.*, I, 24, attribuiscono un' anima alla calamita ed all' ambra, è evidente che questo vocabolo *anima* indica qui semplicemente una forza od una causa di movimento.

(162) pag. 173. « La calamita attira il ferro, come l'ambra attira i più minuti granelli di Senape. È come un soffio misterioso che percorre queste due materie e si comunica con la rapidita della freccia. » Così parlava Kuofo, filosofo chinese, che scrisse l'elogio della calamita, verso il principio del secolo IV° (Klaproth, *Lettre à M. A. de Humb.*, *sur l' invention de la Boussole* p. 96).

(163) pag. 173. « *The phenomena of periodical variations depend manifestly on the action of solar heat, operating probably through the medium of thermoeletric currents induced on the earth's surface. Beyond this rude guess however nothing il as yet known of the physical cause. It is even still a matter of speculation, whether the solar influence be a principal, or only a subordinate cause in the phenomena of terrestrial magnetism.* » (*Observ. to be made in the Antharctic exped.*, 1840 p. 35).

(164) pag. 174. Barlow, nelle *Philos. transact. for* 1822, p. I, p. 117; sir David Brewster, *Treatise on Magnetism*, p. 129. L'influenza del calore per diminuire la forza direttrice dell' ago calamitato è stata insegnata nell' opera chinese *U-tsa-tsu*, lungo tempo prima di Gilbert e Hooke (Klaproth, *Lettre à M. A. de Humboldt, sur l' invention de la Boussole*, p. 96).

(165) pag. 175. V. la memoria *On terrestrial magnetism*, nella *Quart. Review*, 1840, vol. LXVI, p. 271-312.

(166) pag. 175. Allorchè io proposi per la prima volta di fondare una rete d'osservatorii, muniti tutti d' istromenti simili, non avevo la speranza di vivere tanto da vedere i miei voti adempiuti, come furono infatti mediante la concorde attività di astronomi e fisici preclari, e sopratutto pel generoso e perversante intervento di due grandi potenze, la Russia e l' Inghilterra; così che al dì d' oggi i due emisferi sono appunto coperti di *magnetici osservatorii.* Io aveva imaginato di osservare, senza interruzione, l' andamento dell' ago calamitato per cinque o sei giorni ed altrettante notti, principalmente al tempo dei solstizii e degli equinozii, ed avevo posto questo disegno in esecuzione a Berlino, nel 1806 e nel 1807 col mio amico e collaboratore Oltmanns. Io era persuaso che una serie d'osservazioni continuate senza interruzione (*observatio perpetua*) per varii giorni e varie notti, sarebbe più fruttuosa, che osservazioni isolate fatte nel corso di più mesi. L'apparecchio adoperato, un *cannocchiale magnetico*, di Prony, sospeso in una scatola con vetro coll' aiuto d' un filo senza torsione, permetteva di misurare angoli di sette o di otto secondi sopra una mira lontana avente fine partizioni e che si rischiarava la notte con una lampada. Di già a quell' epoca, *magnetiche perturbazioni* (tempeste magnetiche) le quali si riproducevano talvolta alle stesse ore, per varie notti consecutive, mi facevano desiderare vivamente che simili apparecchi fossero osservati simultaneamente al ponente ed al levante di Berlino, onde poter alla fine distinguere i fenomeni generali del magnetismo terrestre, dalle perturbazioni localiche che si producono, sia nella crosta inegualmente riscaldata del nostro globo, sia nell'atmosfera dove si formano le nubi. Il mio viaggio a Parigi e le lunghe politiche turbolenze di quel tempo s'opposero allora all'adempimento de' miei voti. Ma la grande scoperta di Oersted (1820) venne a spargere una viva luce sull'intima connessità dell' elettricità e del magnetismo, e a destare finalmente, dopo un lungo sonno, un generale interesse per le periodiche variazioni della magnetica tensione del globo. Arago, che aveva incominciato alcuni anni avanti, all' Osservatorio di Parigi, con una nuova eccellente bussola di declinazione di Gambey, la più lunga serie continua d'osservazioni orarie che abbiavi in Europa, mostrò, pel confronto delle sue osservazioni con quelle di Kasan, fatte alle stesse ore ed accusanti le stesse perturbazioni, tutto il vantaggio che si poteva ritrarre da misure corrispondenti della declinazione. Quando io ritornai a Berlino, dopo un soggiorno di 18 anni a Parigi feci erigere un piccolo osservatorio magnetico durante l' autunno del 1828, onde continuare il lavoro cominciato nel 1806, e principalmente nello scopo d'istituire un sistema d'osservazioni simultanee, fatte ad ore convenute, a Berlino, a Parigi e nelle miniere di

Freiberg (per 66 m. di profondità). La simultaneità delle perturbazioni ed il parallelismo dei movimenti dell'ago, durante i mesi d'ottobre e di dicembre 1829, furono sin d'allora graficamente rappresentati (*Ann.* di Pogg., vel. XIX, p. 357, tav. I-III). Non andò guari che una spedizione intrapresa nel 1819, per ordine dell'imperatore di Russia, nell'Asia settentrionale, ebbe a porgermi l'occasione d'effettuare il mio disegno sopra una scala più vasta. Questo disegno fu sviluppato nel seno d'una giunta specialmente istituita a tal effetto dall'Accademia imperiale di Pietroburgo; laonde, sotto la protezione del capo del corpo delle mine, il conte Cancrin, e sotto la dotta direzione del prof. Kupffer, magnetiche stazioni furono istituite in tutta l'Asia settentrionale, da Nicolajeff, Catarinenburg, Barnaul o Nertschinsk fino a Pechino. L'anno 1832 contrassegna la grand'epoca in cui l'illustre fondatore d'una teoria generale del magnetismo terrestre, Feder. Gauss, cominciò a stabilire nella Specola di Gottinga apparati costrutti sopra nuovi principii. L'osservatorio magnetico fu terminato nel 1834, e nello stesso anno (*Risult. delle oss, dell'Unione magn.*, 1838, p. 135, ed *Ann.* di Pogg., vol. XXXIII, p. 426), Gauss, attivamente aiutato da un ingegnoso fisico G. Weber, fece conoscere i suoi istromenti, i suoi metodi d'osservazione, e li diffuse in Svezia, in Italia ed in una gran parte dell'Allemagna. Tal è l'origine dell'Unione magnetica di cui Gottinga è il centro. Dal 1836 questa Unione ha stabilito quattro epoche nell'anno per le osservazioni le quali devono essere continuate per ventiquattr'ore; ma queste epoche non coincidono con quelle che io aveva adottate (gli equinozii ed i solstizii) e proposte nel 1830. Fin a quel momento la Gran Bretagna, in possesso delle più vaste relazioni commerciali del mondo intero e della navigazione più estesa, era rimasta estranea a questo scientifico movimento, che fin dal 1828 cominciava a promettere importanti risultamenti per un più grave studio del magnetismo terrestre. Un pubblico invito ch'io indirizzai da Berlino, in aprile 1836, al Presidente della Società reale di Londra, il duca di Sussex (*Lettre de M. de Humboldt a S. A. R. le duc de Sussex, sur le moyens propres à perfectionner la connaissance du magnetisme terrestre par l'établissement de stations magnetique et d'observations correspondantes*), fu coronato da un pieno successo; ebbi la fortuna di provocare una benevola premura sopra un'impresa la cui dilazione era da molti anni l'oggetto de' miei più fervidi voti. Io insisteva, in tale lettera, sull'instituzione di stazioni permanenti nel Canadà, a Sant' Elena, al Capo di Buona Speranza, all'isola di Francia, a Ceilan ed alla Nuova Olanda, punti di cui avevo indicato l'importanza cinque anni prima. Una *giunta fisica e meteorologica* fu nominata in seno della Società reale, e questa giunta propose al governo la fondazione d'osservatorii magnetici stabili nei due emisferi, ed una spedizione navale destinata a raccogliere osservazioni magnetiche nei mari antartici. Quanto la scienza vada debitrice alla grande attività che sir Gio. Herschel, Sabine, Airy e Lloyd hanno spiegata in tale circostanza, come pure al potente appoggio dell'*Associazione britannica per l'avanzamento delle scienze*, raccolta a Newcastle nel 1838, non è mestieri che io qui mi faccia a dimostrare. In giugno 1839. la spedizione magnetica verso il polo australe fu risoluta e posta sotto

il comando del capitano James Clark Ross. Questa spedizione è stata gloriosamente condotta a fine, ed ha apportato alla scienza un doppio frutto, quello delle più importanti scoperte geografiche verso il polo australe, e l' altro d' osservazioni contemporanee in otto o dieci magnetiche stazioni.

(167) pag. 175. Ampére, anzichè attribuire l'interno calore della terra al passaggio della materia dallo stato di nebulosità gasosa allo stato solido, lo spiega di una maniera assai poco verosimile, a mio credere, coll'azione chimica prolungata d' un nucleo composto di metalli alcalini sulla scorza già ossidata del globo. « Non si può dubitare, ei dice, nel suo capolavoro, la *Teoria dei fenomeni elettro-dinamici* (1826, p. 199), che esistano nell' interno del globo correnti elettro-magnetiche, e che queste correnti sieno la causa del calore che gli è proprio. Esse nascono da un nucleo metallico centrale composto di metalli che sir Humphry Davy ci ha fatto conoscere, operanti sullo strato ossidato che attornia il nucleo. »

(168) pag. 175. La notabile connessità che esiste tra la curvatura delle linee magnetiche e quella delle mie isoterme è stata scoperta da Sir David Brewster; V. *Transactions of the Royal societé of Edinburg*, vol. IX, 1821, p. 318, e *Treatise of Magnetism*, 1837, p. 42, 44, 47 e 268. Questo celebre fisico ammette l'esistenza di *due poli di freddo* (poles of maximum cold) nell' emisfero settentrionale, l'uno in America, per 73° di lat. 102° di long. ovest (presso il capo Walker); e l'altro in Asia, per 73° di lat. e 78° di long. est. Vi sarebbero così due meridiani in cui dominerebbe il più forte calore, ed altri due meridiani pel maggior freddo. Di già, nel secolo XVI Acosta insegnava che vi erano *quattro linee* senza declinazione, fondandosi sulle osservazioni d'un pilota portoghese espertissimo (*Historia natural de las Indias*, 1589, lib. 1, cap. 17). Questa opinione sembra non essere stata straniera alla teoria dei quattro poli magnetici di Halley, a giudicarne almeno dalla discussione di Enrico Bond (l'autore della *Longitude found*, 1676) con Beckborrow. V. il mio *Examen critique de l'histoire de la Geogr.*, t. III, p. 60).

(169) pag. 176. Halley, nelle *Philosopichal transactions*, vol. XXIX (*for* 1714-1716) n.° 341.

(170) pag. 176. Dove, negli *Annali* di Poggend., vol. XX, p. 341; vol. IXX, p. 388: « L'ago di declinazione si comporta pressochè come un elettrometro atmosferico la cui divergenza indica ugualmente la tensione crescente dell'elettricità, prima che questa tensione sia divenuta così forte da produrre una scintilla (baleno). » Cf. Altresì le ingegnose considerazioni del prof. Kämtz, nel suo *Corso di Meteorologia*, vol. III, p. 511-519; sir David Brewster, *Treatise of Magnetism*, p. 380. Sulle proprietà magnetiche d'una fiamma o d'un arco luminoso galvanico prodotto da una batteria di Bunzen, zinco e carbone, V. le *Oss. di Casselmann*, (Marburgo, 1844, ted.), pag. 56-62.

(171) pag. 177. Argelander, in una memoria importante sulle *Aurore boreali* ch'egli ha unito ai Rapporti letti alla *Società di fisica, di Conisberga*, vol. 1, 1834, p. 257-264.

(172) pag. 177. Sui risultamenti delle osservazioni che Lottin, Bravais e

Siljertroem hanno fatte sulla costa di Lapponia a Boseckop (lat. 70°), dove hanno veduto 160 aurore boreali in 210 notti, V. i *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, t. X, p. 289, e la *Meteorologia* di Martins, 1843 p. 453. Cf. Argelander, collez. citata nella nota prec., p. 259.

(173) pag. 179. John Franklin, *Narrative of a Journey to the shores of the Polar Sea in the years*, 1819-1822, p. 552 e 597; Thienemann, nell'*Edinburgh Philos. Journ.*, v. XX, p. 366; Farquharson, medesima collez., v. VI, p. 392; Wrangel, *Oss. fis.*, p. 59. Parry vide anzi in pieno giorno l'arco dell'aurora boreale senz'alcuna agitazione; *Journ. of a second Voyage, performerd* in 1821-1823, p. 156, Un'osservazione pressochè simile fu fatta in Inghilterra il 9 sett. 1827: si distingueva, in pien meriggio, in una parte del cielo che si era rischiarato dopo una pioggia, un arco luminoso di 20° d'altezza donde s'innalzavano colonne splendenti. *Jour. of the Royal Instit. of Gr. Britain*, 1828, genn. p. 429.

(174) pag. 179. Dopo il mio ritorno d'America io descrissi, sotto il nome di *fascie polari*, una disposizione che mostrano talvolta certi ammassi di nubi (cirrocumuli) con molta regolarità distaccati come per l'azione di forze repulsive: e ciò perchè d'ordinario il punto in cui tali fascie convergevano in prospettiva sul cielo, coincideva alla prima col polo magnetico, di modo che le linee formate di tali ammassi seguivano il meridiano magnetico del luogo. Questo fenomeno enimmatico presentava un'altra particolarità: il punto di convergenza sembrava innalzarsi ed abbassarsi a vicenda, altre volte precedeva regolarmente in una medesima direzione. Per solito queste fascie non si formano interamente che in una parte del cielo; da principio si mostrano dirette dal nord al sud; poi a misura che progrediscono, cangiano poco a poco direzione e prendono quella dell'est all'ovest. Non sembra possibile di spiegare i movimenti di tali zone con variazioni che sopravverrebbero nelle correnti delle regioni superiori dell'atmosfera: queste fascie si mostrano nella calma più completa, allorchè il cielo è purissimo, e sono assai più frequenti sotto i tropici che nelle zone fredde e temperate. Osservai questo fenomeno sulla catena delle Ande, quasi sotto l'equatore, a 4550 m. d'altezza, non meno che in Asia, nelle pianure di Krasnojarski, al sud di Buchtarminsk, e si è sviluppato sempre d'un modo così singolare ch'era impossibile di non vedervi l'azione di forze naturali estremamente generali e diffuse. V. le importanti osservazioni di Kaemtz, Lezioni di *Meteor.*, 1840, p. 146, e le riflessioni più recenti di Martins e di Bravais (*Meteor.*, 1843, p. 117). Arago ha osservato, a Parigi, il 23 giugno 1844, fascie polari australi, formate di nubi leggerissime, e raggi *foschi* che sembravano uscire da un arco diretto da levante a ponente. Abbiamo indicato più sopra (p. 177) nelle aurore boreali notturne de'raggi *neri*, simili a un denso fumo.

(175) pag. 180. Alle isole Shetland, l'aurora boreale porta il nome di *the merry dancers*. Kendal, nel *Quarterly journal of Sciences, new Series*, vol. IV, p. 395.

(176) pag. 180. V. l'eccellente lavoro di Muncke, nella nuova edizione del *Dizion. di fisica* di Gehler, vol. VII, 1, p. 113-268, ed in particolare, p. 158.

(177) pag. 180. Farquharson, nell' *Edinb. Philos. journ.* vol. XVI, p 304; *Philos. transac.*, for 1829, p. 113.

(178) pag. 182. Kaemtz, *Meteorologia*, vol. III, p. 480 e 501.

(179) pag. 184. Arago, sulle nebbie secche del 1782 e del 1831, le quali appariscono luminose durante la notte, nell'*Annuaire du Bureau des longitudes*, 1832, p. 246 e 250; e sulla luce singolare emessa da certe nuvole non procellose, V. *Notices sur la Tonnerre*, nell'*Annuaire pour l'an* 1838, p. 279-285.

(180) pag. 186. Erod., IV, 28. Gli antichi assicurano che l'Egitto non era soggetto ai terremoti (Plin., II, 80); ma quest'asserzione è contraddetta dalla necessità di aver dovuto ristaurare il colosso di Mennone (Letronne, *Le statue vocale de Memnon*, 1833, p. 25-26); almeno si può dire che la valle del Nilo è situata fuori del circolo di commozione di Bisanzio, dell' Arcipelago e della Siria. (Ideler, *Ad Aristot. Meteor.*, p. 584).

(181) pag. 186. Saint-Martin, nelle dotte annotazioni ch'egli ha unite alla *Histoire du Bas Empire*, di Lebeau, t. IX, p. 401.

(182) pag. 186. Humboldt, *Asie Centrale*, t. II, p. 110-118. Sulla differenza tra lo scuotimento della superficie e quello degli strati inferiori, V. Gay-Lussac, negli *Annales de Chimie et de Ppysique*, t. XXII, p. 429.

(183) pag. 197. « *Tutissimum est cum vibrat crispante aedificiorum crepitu*; *et cum intumescit assurgens alternoque motu residet, innoxium et cum concurrentia tecta contrario ictu arietant, quoniam alter motus alteri renititur. Undantis inclinatio et fluctus more quaedam volutatio infesta est, aut cum in unam partem totus se motus impellit.* » Plin., II, 82.

(184) pag. 188. Anche in Italia si comincia a riconoscere quanto poco i terremoti discendano dai fenomeni meteorologici e dall' aspetto del cielo avanti le scosse. I dati numerici di Federico Hoffman s' accordano interamente con le sperienze dell' abate Scinà di Palermo; V. le *Opere postume* del primo, vol. II, p. 366-375. Io stesso osservai più d' una volta che una nebbia rossastra si mostrava poco tempo avanti le scosse; ed il 4 novembre 1799 provai due violenti scosse al momento in cui un forte colpo di tuono si fece udire (*Relat. hist.*, lib. IV, cap. X). Un fisico di Torino, Vassalli Eandi, vide l' elettrometro di Volta fortemente agitato durante i lunghi terremoti che durarono a Pinerolo, dal 2 aprile al 17 maggio 1808 (*Giorn. di Fis.*, t. LXVII, p. 291). Ma le nebbie, le repentine variazioni dell' elettricità atmosferica e la calma dell' aria non debbono essere considerate come indicazioni aventi in generale una significazione qualunque, come necessariamente collegate cogli scuotimenti del suolo; imperocchè si è osservato da per tutto, a Quito, al Perù, al Chilì, ugualmente che al Canadà ed in Italia, che i terremoti succedevano tanto per un cielo sereno, sgombro affatto da nubi, quanto per una brezza fresca di terra o di mare. Se non che nell' ammettere che i terremoti non sono preceduti nè annunziati da verun segno meteorologico, nemmeno durante il giorno in cui devono farsi sentire, non converebbe però rigettare con disdegno certe credenze popolari le quali attribuiscono

un' influenza alle stagioni (gli equinozii d' autunno e di primavera), all' incominciare della stagione delle piogge, sotto i tropici, dopo una lunga siccità, ed al cangiamento dei monsonì; fondandoci sulla nostra ignoranza attuale delle relazioni che possono esistere tra i fenomeni meteorologici ed i fenomeni sotterranei. Numeriche ricerche sono state fatte con sommo zelo da de Hoff, Pietro Merian e Federico Hoffmann, nello scopo di stabilire il modo di distribuzione dei terremoti per le differenti stagioni dell' anno, e ne risulta un termine verso l'epoca degli equinozii. È singolare che Plinio, alla fine della sua fantastica teoria sui terremoti, chiami questo spaventevole fenomeno una *sotterranea procella*, e ciò poi non tanto a cagione del fragore che accompagna sovente le scosse, quanto perchè le forze elastiche, producenti con la tensione lo scuotimento, s'ammassano nelle viscere della terra allorchè fanno diffalta nell'atmosfera! « *Ventos in causa esse non dubium reor. Neque enim unquam intremiscunt terrae, nisi sopito mari coeloque adeo tranquillo ut volatus avium non pendeant, subtracto omni spiritu qui vehit; nec unquam nisi post ventos conditos, scilicet in venas et cavernas ejus occulto afflatu. Neque aliud est in terra tremor quam in nube tonitruum; nec hiatus aliud quam cum fulmen erumpit, incluso spiritu luctante et ad libertatem exire nitente.* » (Plin., II, 79). Del resto si trova in Seneca (*Nat. Quaest.*, II, 4-31). Il germe abbastanza sviluppato di tutto ciò ch' è stato detto od imaginato, fino in questi ultimi tempi, sulle cause dei terremoti.

(185) pag. 188. Io ho mostrato nella *Relat. hist.*, t. I, p. 311 e 513, che l' andamento delle variazioni orarie del barometro non è menomamente turbato, sia prima sia dopo un terremoto.

(186) pag. 188. Humboldt, *Relat. hist.*, t. I, p. 515-517.

(187) pag. 189. V. sui *Bramidos* di Guanaxuato il mio *Essai polit. sur la Nouv. Espagne*, t. I, p. 303. Il sotterraneo fragore non fu accompagnato da veruna scossa, nelle miniere profonde, nè alla superficie (la città di Guanaxuato è situata a 1955 metri al di sopra del mare); non fu udito sull' altopiano vicino, ma solamente nella parte montuosa della Sierra, da Cuesta de los Aguilares, non lungi da Marfil, fino al settentrione di Santa Rosa. Le onde sonore non pervennero in certe regioni isolate della Sierra, situate a quattro o cinque miriametri al N. O. di Guanaxuato, presso la sorgente d'acqua bollente di San Jose de Comangillas. È difficile imaginare l'eccesso d'autorità a cui ebbero ricorso i magistrati di quel gran centro d'industria, allorchè il terrore cagionato dal *sotterraneo tuono* era al suo colmo. « Ogni famiglia che prenderà la fuga sarà punita d' una multa di mille piastre s' essa è ricca, e di due mesi di carcere se è povera. La milizia ha ordine d'inseguire e di ricondurre i fuggiaschi. » Il più curioso è la fiducia che ostentava l'autorità (*El Cabido*) nella propria scienza superiore. Ecco ciò che lessi in uno dei *proclamas:* « L' autorità saprà ben riconoscere nella sua saggezza (*en su subiduria*), l' effettiva imminenza del pericolo, ed allora potrà pensare alla fuga; pel presente, basta che le processioni siano continuate. » — Agli antichi erano già noti rumori sotterranei senza scosse: Arist., *Meteor.*, II. p. 802; Plin. II, 80. Il rumore singola-

re che si fece sentire, da marzo 1822 fino in settembre 1824, nell'isola dalmata di Meleda (a 3 miriametri da Ragusa), rumore di cui Partsch ha dato una spiegazione soddisfacente, venne talvolta accompagnato da scosse.

(188) pag. 192. Drake, *Nat. and Statist. Wiew of Cincinnati*. p. 232-238; Mittchell, nelle *Trans. of the Litt. and. Philos. soc. of. New-York*, vol. 1, p. 281-308. Nella contea piemontese di Pinerolo, de'vasi pieni d' acqua fino agli orli restavano in movimento per ore intere.

(189) pag. 193. in lingua spagnuola si dice: *rocas que hacen puente*. Queste interruzioni tutte locali degli scuotimenti trasmessi dagli strati *superiori* hanno forse qualche analogia con un fenomeno notabile che si è presentato in principio di questo secolo, nelle miniere di Sassonia: forti scosse si fecero sentire con tanta violenza nelle miniere d'argento di Marienberg, che gli operai sbigottiti si affrettarono di risalire; sul suolo stesso non aveasi provato alcuna scossa. Ecco ora un fenomeno inverso: in novembre 1823, i minatori di Falun e di Presberg non provavano alcuna scossa nel momento stesso in cui, sopra il loro capo, un violento terremoto spargeva lo spavento fra gli abitanti della superficie.

(190) pag. 194. Sir Aless. Burnes, *Travels in to Bokhara*, v. I, p. 18; e Wathen, *Mem. on the Usbek State* nel *Journal of the Asiatic Soc. of Bengal*, vol. III, p. 337.

(191) pag. 195. *Philos. transact.*, vol. XLIX, p. 414.

(192) pag. 196. V. sulla frequenza dei terremoti nel Cascemir, la traduzione dell'antico *Redjatarangini* per Troyer, vol. II, p. 297, ed i *Viaggi* di Carlo di Hügel, vol. II, p. 184. Ted.

(193) pag. 196. Strabone, lib. I, p. 100, Casaub. La prova che l' espressione τηλοῦ διαπύρου ποταμον non significa fango (eruzione di fango), ma bensì lava, risulta chiaramente da un passo dello stesso autore, Strab., lib. VI, p. 412. Cf. Walter, *Sulla diminuzione dell' attività dei vulcani dai tempi storici*, 1844, pag. 25. Ted.

(194) pag. 199. Vedi l' eccellente opera di Bischof *Teoria del calore interno del Globo*.

(195) pag. 199. Sui pozzi di fuoco artesiani (*Ho-tsing*) nella China, e sull' uso del gas trasportato col mezzo di tubi di bambù nella città di Kiun-ceu. V. Klaproth, nella mia *Asie Centrale*, t. II, p. 519-530.

(196) pag. 199. Boussingault (*Annales de Chimie*, t. LII, p. 181) non ha osservato acido idroclorico nell' emissioni gasose dei vulcani della Nuova Granata, mentre Monticelli ne ha trovato enormi quantità nei prodotti dell'eruzione del Vesuvio, nel 1813.

(197) pag. 199. Humboldt, *Recueil d'Observ. astronomiques*, t. I, p. 311 (*Nivellement barometrique de la Cordillère des Andes*, n.° 206).

(198) pag. 199. Adolfo Brongniart, negli *Annales des Sciences naturelle*, t. XV, p. 225.

(199) pag. 290. Bischof, opera citata, p. 324, Osserv. 2.

(200) pag. 200. Humboldt, *Asie Centrale*, t. 1, p. 43.

(201) pag. 201. Sulla teoria delle linee isogeoterme *chthonisothermes*). V. gl' ingegnosi lavori di Kupffer negli *Ann. di Poggend.*, vol. XV, p. 184, e vol. XXXII, p. 270; nel *Voyage dans l'Oural, p.* 382-398 e nell'*Ediuburgh Journal of sciences*, new Series vol. IV, p. 355. Cf. Kaemtz, *Lezioni di Meteorologia*, vol. II, p. 217, e sull' alzamento delle ctonisoterme nei paesi di montagna, Biscof, p. 174-198.

(202) pag. 201. Leopoldo di Buch, negli *Ann. di Poggend.* vol. XII, p. 405.

(203) pag. 201. Sulla temperatura delle gocce di pioggia a Cumana, che era discesa a 22°, 3, quando la temperatura dell' aria era da 30 a 31° e durante la temperatura atmosferica era 23° 4, V. la mia *Rel. hist.*, t. II, p. 22. La temperatura *iniziale* delle gocce di pioggia dipende dall' altezza dello strato di nubi e dal grado di riscaldamento che i raggi solari hanno comunicato alla faccia superiore di tale strato; ma quella temperatura cangia durante la caduta. Allorchè le gocce di pioggia cominciano a formarsi, la loro temperatura è superiore a quella del mezzo circondante, a motivo del calorico latente che diventa libero; poi, cadendo, traversano strati d'aria più bassi e più caldi, ov'esse si riscaldano ed ingrossano ancora un poco, condensando il vapore di acqua contenuto in tali strati (Bischof, *Teoria del calore interno del Globo*, p. 73); ma questo riscaldamento è compensato dalla perdita di calore dipendente dall'evaporazione delle gocce medesime. Se si prescinde dall' elettricità atmosferica, i cui effetti si fanno probabilmente sentire durante le pioggie nembose si può attribuire il raffreddamento dell' atmosfera, durante la pioggia, primieramente alla temperatura iniziale più debole, che le gocce d'acqua hanno acquistata nelle alte regioni, poi all'aria fredda degli strati superiori che esse traggono seco; finalmente all' evaporazione che si stabilisce sul suolo umettato. Tal è in effetto il corso ordinario del fenomeno. Ma in certi rari casi le gocce di pioggia sono più calde dell'aria vicina del suolo (Humboldt, *Rel. hist.*, t. III, pag. 513), il che dipende forse dalla presenza di correnti d'aria calda nelle alte regioni, o dalla temperatura elevata che l' *insolazione* può sviluppare in istrati di nuvole estesissimi e poco densi. Del resto, Arago ha molto ingegnosamente mostrato nell' *Annuaire* pel 1836, p. 300, come la grandezza e l'accrescimento del volume delle gocce di pioggia si collegano al fenomeno degli *archi supplementarii* dell' arco baleno, che vengono spiegati, col mezzo d'interferenze dei raggi luminosi; e come un ottico fenomeno, ove sia esattamente osservato, possa chiarirci intorno ad un meteorologico processo secondo la diversità delle zone.

(204) pag. 201. Dopo le osservazioni decisive di Boussingault, non è più permesso di dubitare che la temperatura del suolo, ed una debole profondità, non sia uguale alla temperatura media dell' atmosfera, sotto i tropici. Mi permetterò di citare qui gli esempi seguenti:

Stazioni nella zona tropicale.	1 Piede (0m, 32) sotto la superficie della terra.	Temperatura media dell' atmosfera.	Altezze sopra il livello del mare
Guayaquil . . .	26°,0	25°,6	0
Anserma nuovo .	25°,7	25°,8	1050 m.
Zupia.	21°,5	21°,5	1225
Popayan. . . .	18°,2	18°,7	1807
Quito.	15°,5	15°,5	2915

Il dubbio che le mie proprie osservazioni, nella caverna di Caripe (*Cueva del Guacharo*) hanno potuto far nascere in tale proposito (*Relat. hist.*, t. III, p. 191-196), sparisce rimpetto alla considerazione seguente: io ho paragonato la temperatura media presunta dell' aria del convento di Caripe (18°,5) non alla temperatura dell' aria nella caverna (18°,7), ma a quella del ruscello sotterraneo (16°,8); tuttavia, aveva riconosciuto io stesso (*Relat. hist.*, t. III, p. 146 e 194) ch'era assai possibile che alle acque della caverna si mescolassero acque provenienti dalle alte montagne.

(205) pag. 202. Boussingalt, negli *Annales de Chimie*, t. LII, p. 181. La temperatura della sorgente di Chaudes-Aigues nell' Alvernia, non oltrepassa 80°. È altresì da osservare che tutte le sorgenti situate sulle pendici di certi vulcani ancora attivi (il Pasto, il Cotopaxi, il Tunguragua) non hanno una temperatura maggiore di 36° a 54°, mentre le *Aguas calientes de las Trincheras* al mezzodì di Porto Cabello (Venezuela) sgorgano da un granito diviso in falde regolari, con una temperatura di 97°.

(206) pag. 203. La Cassotis (Fontana di San Nicolò) e la fonte Castalia (appiè delle Fedriadi) sono descritte in Pausania, X, 24, 5, e X, 8, 9; la Pirene (Acrocorinto) in Strabone, p. 379; la fonte d'Erasinos (sul Caone, al mezzodì d'Argo), in Erodoto, VI, 67, ed in Pausania, II, 24,7: le terme d'Edepso (Eubea), la cui temperatura è per gli uni di 31°, e per altri di 62° a 75°, in Strabone, p. 60, 447, ed in Ateneo, II, 3, 73; le sorgenti delle Termopili, situate appiè dell'Oeta, ed il cui calore è di 65°, in Pausania, X, 21, 2. (Estratto dalle note manoscritte del prof. Curtius, il dotto compagno di viaggio di Otfried Müller).

(207) pag. 203. Plin., II, 106; Seneca, *Epist.* 79 § 3, ed. Rubkopf (Beaufort, *Sourvey of the Coast of Karamania*, 1820, art. Yanar, presso Deliktasch,

l'antica Faselis, p. 24). Cf. altresì Ctesia, *Fragm.*, cap. 10, p. 250, ed. Baehr; Strabone, lib. XIV, p. 665, Casaub.

(208) pag. 203. Arago nell'*Annuaire* pel 1835, p. 234.

(209) pag. 203. *Acta S. Patricii*, p. 555, ed. Ruinart, t. II, p. 385, Mazochi. Dureau de la Malle è il primo che abbia indicato questo passo notabile, nelle sue *Recherches sur la topographie de Carthage*, 1835, p. 276 (Cf. Seneca, *Nat. Quaest.*, III, 24).

(210) pag. 205. Humboldt, *Relat. hist.*, t. III, p. 562-567; *Asie Centrale*, t. 1, p. 43, t. II, p. 505-515; *Vue des Cordillères*, tav. XLI. Sud Macalubi (dall'arabo *makhlub*, rovesciato, radice: *khalabe*) e su « la terra fluida vomitata dalla Verra » V. Solino, cap. 5: « *Idem ager Agrigentinus eructat limosas scaturigines, et ut venae fontium sufficiunt rivis subministrandis, ita in hac Siciliae parte, solo nunquam deficiente, aeterna rejectatione terram terra evomit.* »

(211) pag. 207. V. l'eccellente piccola carta dell'isola Nisiros, in Ross, *Voyage dans les îles de la Grèce*, vol. II, 1843, p. 96. Ted.

(212) pag. 207. Leopoldo di Buch, *Descrizione fisica* delle isole *Canarie*, p. 326; lo stesso autore, *Sur les cratères de soulevèment et les volcans*, negli *Ann. di Poggend.*, v. XXXVII, p. 169. Già Strabone distingue benissimo due modi di formazione delle isole, nel passo in cui parla della separazione della Sicilia e della Calabria: « Alcune isole, egli dice (lib. VI, p. 258, ed Casaub.), sono frammenti staccati dalla terraferma; altre furono sollevate dal fondo stesso del mare, come si vede ancora al dì d'oggi. Le isole dell'alto mare (le isole situate lungi dai continenti) furono probabilmente formate in tal guisa dal sollevamento d'una parte del suolo submarino; mentre le isole poste al dinanzi dei propontorii sembrano essere state disgiunte dalla terraferma. »

(213) pag. 208. *Ocre Fisove* (Mons Vesuvius), nell'antica lingua umbrica (Lassen, *Spiegazione delle Tavole Eugubine*, nel *Rhein. Museum*, 1832, p. 387, ted.); il vocabolo *ocre* significa montagna, per testimonianza di Festo medesimo. Secondo Woss, *Aetna* significherebbe *montagna ardente* o *montagna splendente*; ma Woss crede il vocabolo Αἴτνη d'origine greca, e lo connette a αἴθω od a αἴθινος: ora, il dotto Partey ha impugnato questa origine ellenica, perchè l'Etna non è mai stato, pei navigatori greci, un faro luminoso, come quell'infaticabile Stromboli che Omero sembra indicare nell'*Odissea* (XII, 68, 202 e 219), ma senza determinare la posizione. A mio parere, l'origine del vocabolo Aetena dovrebbesi rintracciare più tosto nella lingua degli antichi Siculi, se pure si giungesse mai a raccapezzare qualche avanzo importante di quella lingua. Secondo Diodoro (V, 6), i *Sicani* vale a dire gli aborigeni siciliani che abitavano la Sicilia avanti i *Siculi*, furono obbligati di confinarsi nella parte occidentale dell' isola, per fuggire dalle eruzioni dell' Etna che durarono varii anni. La più antica eruzione storica di questo vulcano è quella di cui Pindaro ed Eschilo hanno fatto menzione; essa avvenne sotto Gerone, nel 2.° anno della 75.ª olimpiade. È verosimile che Esiodo conoscesse le eruzioni devastatrici dell'Etna avanti lo stabilimento delle colonie greche; però rimane ancora qualche

dubbio sul vocabolo Αἴτνη che si trova nel testo d' Esiodo. (Humboldt, *Examen crit. de la Géogr.*, t. I, pag. 168).

(214) pag. 208. Seneca, Epist. 79.

(215) pa. 208. Eliano, *Var. hist.* VIII, 11.

(216) pag. 210. Petri Bembi, *Opuscula* (*Aetna Dialogos*), Basil., 1556, p. 63: « *Quicquid in Aetnae matris utero coalescit, nunquam exit ex cratere superiore, quod vel eo incendere gravis materia non queat, vel, quia inferius alia spiramenta sunt, non fit opus. Despumant flammis urgentibus ignei rivi pigro fluxu totas delambentes plagas, et in lapidem indurescunt.* »

(217) pag. 210. V. Il mio disegno del vulcano di Jorullo, de'suoi *Hornitos* e del Maipays sollevato nelle *Vues des Cordillères*, (tav. XLIII, p. 239).

(218) pag. 211. Humboldt, *Essai sur la Géogr. des Plantes et Tableau phys. des Régions équinoxiales*, 1807, p. 30, ed *Essai géogn. sur le gisement des roches*, p. 312. Basta considerare la maggior parte dei vulcani di Giava per assicurarsi che la forma, la posizione e l'altezza assoluta d'un vulcano non bastano a render ragione della mancanza totale di correnti di lava, durante un periodo d'attività non interrotto (Leopoldo di Buch, *Descr. fis. delle isole Canarie*, p. 419; Reinwardt ed Hoffmann, negli *Annali* di Poggendorff, vol. XII, pag. 607).

(219) pag. 213. V. la comparazione delle mie misure con quelle di Saussure e del conte Minto, nelle *Memorie dell'Accademia delle Scienze di Berlino*, 1822 e 1823, p. 30.

(220) pag. 213. Pimelodes Cyclopum, V. Humboldt, *Récueil d' observations de Zoologie et d'Anatomie comparée*, t. I, p. 21-25.

(221) pag. 215. Leopoldo di Buch, negli *Ann.* di Pogg., v. XXXVII p. 179

(222) pag. 215. Sulla formazione del ferro specolare nelle masse vulcaniche, V. Mitscherlich, negli *Ann.* di Pogg., vol. XV, p. 630. Sullo sprigionamento del gas acido idoclorico nei crateri V. Gay-Lussac negli *Annales de Chimie, et de Phys.*, t. XXII, p. 423.

(223) pag. 217. Ved. le belle ricerche di Bischof sul raffreddamento delle masse pietrose nella *Teoria del calore*, p. 384, 443, 500-512.

(224) pag. 217. V. Berzelius e Woehler negli *Ann.* di Poggend., vol. I, p. 221, e vol. XI, p. 146; Gay-Lussac negli *Annales de Chimie*, t. XXII, p. 422; Bischof, *Reasons against the Chemical theory of Volcanoes*, nell' ed. inglese della sua *Teoria del calore*, p. 297-309.

(225) pag. 218. Secondo le idee geognostiche di Platone, come sono sviluppate nel Fedone, il Piriflegetonte farebbe, per riguardo all' attività vulcanica, la stessa figura a un dipresso che il calore interno della terra e lo stato di fusione degli strati profondi nelle nostre idee presenti (*Fedone*, ed. Ast, p. 603 e 607. Annot. p. 808 e 817). « Nell' interno della terra ed all' intorno di essa sono condotti sotterranei d' ogni grandezza. L' acqua vi scorre in copia; ma vi scorrono altresì fuoco e correnti formate d'una melma liquida più o meno impura, simili ai torrenti di fango che in Sicilia precedono l' eruzione dei torrenti di fuoco, e che coprono, come questi ultimi, tutti i luoghi per dove pas-

sano. Il Piriflegetonte si stravasa in uno spazio immenso pieno d'un fuoco ardente ed attivo, e là forma un lago più grande del nostro mare, un lago ove l' acqua e la melma sono in continua ebollizione. Esce poscia di tal lago e travolve le sue acque torbide e fangose, descrivendo un circolo intorno la terra. » Questo fiume di terra liquefatta e di melma è sì veramente la sorgente *generale* dei fenomeni vulcanici che Platone aggiunge espressamente: « Tal è il Piriflegetonte, di cui alcune piccole parti hanno uscita verso l'alto e formano i torrenti di fuoco οἱ ῥύακες che appariscono in qualsiasi luogo sulla terra (ὅπῃ ἂν τυχῶσι τῆς γῆς). » Queste scorie vulcaniche e le correnti di lava sono dunque parti del Piriflegetonte stesso, o della massa in fusione, in continuo movimento nelle viscere della terra. Che questa espressione οἱ ῥύακες significhi correnti di lava, e non *montagne ignivome*, come vogliono Schneider, Passow e Schleiermacher, è ciò che risulta chiaramente da una quantità di passi già raccolti in parte da Ukert, nella sua *Geogr. dei Greci e dei Romani*, Tav. II, 1, p. 200, Ρυαξ è il fenomeno vulcanico preso dal lato più significativo, la corrente di lava; da ciò l'espressione: le ῥύακες dell'Etna. Cf. Aristotele, *Mirab. Ausc.*, t. II, p. 833, sez. XXXVIII Bekker; Tucid., III, 116; Teofr., *De Lap.* 22, p. 427 Schneider; Diod., V, 6, e XIV, 59, in cui si leggono queste notevoli parole: « molte città situate presso il mare e non lungi dall'Etna sono state sepolte ὑπὸ τοῦ καλουμένου ῥύακος; » Strabone, VI, p. 269, XIII, p. 268, e sui celebri fanghi ardenti delle pianure di Lelante, in Eubea, I, p. 58, Casaub. finalmente Appian., *De bello civili*, V, 114. Il biasimo proferito da Aristotele (*Meteor.*, II, 2, 19) sulle fantasie geognostiche del Fedone, non si rapporta, propriamente parlando, se non all'origine dei fiumi che scorrono sulla superficie della terra. Non dev'essere sfuggita nel passo di Platone citato più sopra, un' asserzione singolare, ma precisa vale a dire che in Sicilia « le correnti ignee sono precedute da correnti di limo. » L'aver osservato all' Etna lapilli e ceneri reiette insieme dal cratere durante una vulcanica-elettrica tempesta e ridotti ad una specie di pasta dalla pioggia e dalla neve liquefatta, non possono aver dato motivo di ritenerli per fanghi eruttati. È più verosimile che quelle correnti di umido limo (ὑγροῦ πηλοῦ ποταμοί) non fossero per Platone che un'oscura reminiscenza delle *salse* d'Agrigento (vulcani di fango), che vomitano il fango con gran fragore e di cui si è già fatta menzione più sopra (not. 10). È da deplorare sotto questo aspetto la perdita, fra molti altri scritti di Teofrasto, d'un suo libro « sulla corrente vulcanica in Sicilia » (περὶ ῥύακος, τοῦ ἐν Σικελίᾳ), di cui Diog. Laerz., V, 39, tiene parola.

(226) pag. 219. Leopoldo di Buch, *Desc. fis. delle Is. Canarie*, p. 326-407. Dubito che si possano considerare, con C. Darwin (*Geol. Obs. on the Volcanic Islands*, 1844, p. 127), i vulcani centrali come formanti, in generale, catene vulcaniche poco estese e disposte sopra spaccature parallele. Di già Fed. Hoffmann, nel gruppo delle isole di Lipari cui ha sì perfettamente descritto, e nelle due fenditure d' eruzione che s' incrocicchiano a Panaria, credeva di aver trovato un anello intermedio tra i vulcani centrali e le catene vulcaniche di Leopoldo di Buch. (*Annali di Fis.*, di Pogg., vol XXVI, p. 81-88).

(227) pag. 220. Humboldt, *Osserv. geogn. sui vulcani dell' altopiano di Quito*, *Ann.* di Poggend., vol. XLIV, p. 194.

(228) pag. 220. Seneca, dopo aver parlato d'un modo assai calzante del problematico abbassamento dell' Etna, dice nella sua 79.a epistola: « *Potest hoc accidere, non quia montis altitudo desedit, sed quia ignis evanuit et minus vehemens ac largus effertur: ob eamdem causam, fumo quoque per diem segnoire. Neutrum autem incredibile est, nec montem qui devoretur quotidie minui, nec ignem non manere eumdem; quia non ipse ex se est, sed in aliqua inferna valle conceptus exaestuat et alibi pascitur: in ipso monte non alimentum habet sed viam.* » (Ed. Ruhkopfiana, t. III, p. 32). Strabone riconosce perfettamente che deve esistere una comunicazione sotteranea tra i vulcani di Sicilia, quelli di Lipari, di Pitecusa (Ischia) ed il Vesuvio (lib. I, p. 247 e 248), ed aggiunge che l' intera contrada giace sopra un sotterraneo focolare.

(229) pag. 220. Humboldt, *Essai polit. sur la NouvelleExpagne*, t. II, pag. 173-175.

(230) pag. 221. Ecco i versi d'Ovidio (*Metamorph.*, XV, 296-306):

> Est prope Pittheam tumulus Troezena sine ullis
> Arduus arboribus, quondam planissima campi
> Area, nunc tumulus: nam — res horrenda relatu —
> Vis fera ventorum, caecis inclusa cavernis,
> Expirare aliqua cupiens, luctataque frustra
> Liberiore frui coelo, cum carcere rima
> Nulla foret, toto nec pervia flatibus esset,
> Extentam tumefecit humum; ceu spiritus oris
> Tendere vesicam solet, aut direpta bicorni
> Terga capro. Tumor ille loci permansit, et alti
> Collis habet speciem, longoque induruit aevo.

Questa descrizione d'un sollevamento in forma di campana sul continente, così importante sotto l'aspetto geognostico, combina perfettamente con ciò che Aristotele riferisce intorno al sollevamento d'un' isola d' eruzione (Meteor., II, 8, 17-19): « La terra non cessa di tremare finchè il vento (ἄνεμος), cagione dello scotimento del suolo, non trova uscita a traverso la terra. Questo è ciò che è avvenuto ultimamente in Eraclea, nel Ponto, e più anticamente a Jera, una delle Eolidi. In questa una parte del suolo si gonfiò e s' innalzò con fragore, sotto la forma d'un monticello, fino a che il soffio potente (πνεῦμα) ebbe trovato un varco; allora lanciò fuori scintille e ceneri che copersero la citta vicina dei Liparii ed arrivarono fin anco a toccare alcune città d' Italia ». Questa descrizione distingue perfettamente il periodo di sollevamento dall'eruzione stessa. Strabone ha pure descritto il fenomeno di Metone (lib. 1, pag. 59, Casaub.). « Un'eruzione di fiamme avvenne presso la città nel golfo d'Ermione; un vulcano sorse fino all' altezza di sette stadii (?). Di giorno era inaccessibile a mo-

tivo del suo forte calore e del suo odore di solfo: ma di notte esalava un buon odore (?). Se ne sprigionava tanto calore che il mare bolliva per un tratto di cinque stadii, venti stadii più lungi era torbido ed ingombro di macigni reietti dal vulcano. » Sulla costituzione mineralogica attuale della penisola di Methana, Ved. Fiedler, *Viaggio in Grecia*, Tav. I, p. 257-263 Ted.

(231) pag. 221. Leop. di Buch. *Descr. fis. delle Isole Canarie*, p. 356-358, e particolarmente la traduzione francese di questa eccellente opera, p. 173. V. pure lo stesso autore, negli *Annali* di Poggendorff, vol. XXXVII, p. 183. In questi ultimi tempi, un' isola submarina si è formata di nuovo nel cratere di Santorino; essa era, nel 1810, a 15 braccia sotto il livello del mare, e nel 1830, non erane più lontana di tre o quattro braccia. Quest' isola è ripida, come un enorme cilindro che si alza dal mare. L'attività continua del cratere submarino rivelasi ancora per una esalazione di vapori acidi di solfo che si frammischiano alle acque del mare, nella baia orientale della Neo-Kammeni, come a Vromolimni, presso Methana. Le navi rivestite di rame vanno sovente a gittar l' ancora in quella baia, onde porre a profitto le proprietà naturali, o piuttosto vulcaniche, per nettare in breve tempo la loro fodera di rame e renderla lucente. (Virlet, nel *Bulletin de la Société géologique de France*, t. III, p. 109, e Fiedler, *Viaggio in Grecia*, Tav. II, p. 469 e 584).

(232) pag. 221. Apparizioni dell' isola nuova presso l' isola San Miguel, una delle Azzorre: 11 giugno 1638; 31 dic. 1719, 13 giugno 1811.

(233) pag. 222. Prévost nel *Bulletin de la Société géologique*. t. II, p. 34; Fed. Hoffmann, *Opere postume*, vol. II, p. 451-456.

(234) pag. 222. « *Accedunt vicini et perpetui Aetnae montis ignes et insularum Æolidum, veluti ipsis undis alatur incendium; neque enim aliter durare tot saeculis tantus ignis potuisset, nisi humoris nutrimentis aleretur.* (Giustino, *Hist. Philipp.*, IV, 1). Giustino comincia la descrizione fisica della Sicilia con una teoria vulcanica assai complicata. Letti di solfo e di resina, situati ad una grande profondità; un suolo sottilissimo, pieno di cavità, soggetto a screpolare; un'agitazione estrema prodotta dai flutti del mare, i quali, sferzando la spiaggia traggono con sè l' aria e la sforzano a penetrare sino al focolare ch'essa alimenta: tali sono gli elementi della teoria di Giustino, copiata da Trogo Pompeo. Del rimanente, immaginando che l'aria potesse essere forzata a penetrare nelle viscere della terra per alimentarvi i focolari vulcanici, avevano in mira l'influenza, ch'essi attribuivano a certi venti sull'attività vulcanica dell'Etna, di Jera e di Stromboli. (V. un passo notabile di Strabone, lib. VI, p. 275 e 276). L'isola di Stromboli (Strongilo) era riputata la dimora d'Eolo, « il regolatore dei venti, » perchè i navigatori prevedevano i mutamenti di tempo dal grado di violenza delle eruzioni del vulcano di Stromboli. Gli stessi fenomeni si riproducono ancora a'dì nostri (Leopoldo di Buc, *Descr. fis. delle Isole Canaire*, p. 334; Hoffmann, negli *Annali* di Pogg., vol. XXVI, pag. 2): si è riconosciuto che le eruzioni di quel piccolo vulcano dipendono ad un tempo dall'altezza del barometro e dalla direzione dei venti; ma bisogna confessare che siamo ancora assai lontani dal poterne dare una spiegazione soddisfacente.

nello stato attuale delle nostre cognizioni sui fenomeni vulcanici e sulle deboli variazioni che i venti producono nell'atmosferica pressione — Bembo, allorquando giovinetto veniva educato da Greci rifuggiti in Sicilia, ha narrato piacevolmente le sue peregrinazioni sull' Etna in uno scritto intitolato *Aetnae Dialogus* (verso la metà del secolo XVI) nel quale sviluppa la teoria dell'introduzione delle acque del mare dei fecolari dei vulcani, e cerca di provare che la vicinanza del mare è una condizione necessaria della produzione dei fenomeni vulcanici. Ascendendo l'Etna egli proponeva le seguenti questioni: « *Explana potius nobis quae petimus, ea incendia unde oriantur et orta quomodo perdurent? In omni tellure nuspiam majores fistulae aut meatus ampliores sunt quam in locis quae vel mari vicina sunt vel a mari protinus alluntur: mare erodit illa facillime, pergitque in viscera terrae. Itaque cum in aliena regna maritima maxime terraemotibus subjecta sint, parum mediterranea. Habes, quum in sulfuris venas venti furentes inciderent, unde incendia oriantur Aetnae tuae. Vides quae mare in radicibus habeat, quae sulfurea sit, quae cavernosa, quae a mari aliquando perforata ventos admiserit aestuantes, per quos idonea flammae materies incenderetur.*

(235) pag. 222. Cf. Gay-Lussac, *Sui Vulcani*, negli *Ann. de Chimie*, t. XXII, p. 427; e Biscof, *Teoria del calore*, p. 272. Le eruzioni di fumo e di vapori d'acqua che si sono vedute, a differenti epoche, intorno a Lancerote, all'Islanda ed alle Curili, durante l'eruzione dei vulcani vicini, ci lasciano inferire una reazione dei focolari vulcanici contro la pressione idrostatica delle acque vicine; ed anzi queste eruzioni gasose provano che la forza espansiva dei vapori; che si sviluppano in que'focolari può diventare molto superiore a tale pressione.

(236) pag. 223. Abele Rémusat, *Lettre à M. Cordier* negli *Annales de Mines*, t. V, p. 137.

(237) pag. 224. Humboldt, *Asie Centrale*, t. II, p. 30-33, 38-52, 78-80 e 426-428. L' esistenza dei vulcani attivi nel Kordofan, a cento miriametri dal mar Rosso, è stata negata recentemente da Rüppell (*Viaggio in Nubia*, 1839. p. 151. *Ted.*).

(238) pag. 224. Dufrénoy ed Elia di Beaumont, *Explication de la carte géologique de la France*, t. I, p. 89.

(239) pag. 224. Sofocle, *Filott.*, V. 971 e 972. Sull' epoca presunta dell' estinzione dei *fuochi di Lenno*, verso il tempo d' Alessandro, Cf. Buttmann, nel *Museo archeologico*, vol. I, 1807, p. 295; Dureau de la Malle, negli *Annales des Voyages* di Malte-Brun, t. IX, 1809, p. 5; Ukert, nelle *Effemeridi georg.* di Bertuch, vol. XXXIX, 1812, p. 361; Rhode, *Res Lemnicae*, 1829, p. 8; e Walter, *Sul decremento dell' attività vulcanica dai tempi storici in poi*, 1844, p. 24. Si è supposto che il cratere estinto di Mosiclos fosse stato inghiottito dal mare in un tempo remoto, ugualmente che l' isola deserta di Crise, antica dimora di Filottete (Otfried Müller, *I Minii*, p. 300; ted.); la carta idrografica dell' isola di Lenno, eseguita da Choiseul, rende molto verosimile tale opinione; le scogliere situate al N. E. di Leno indicano ancora il sito dove il mare Egeo aveva altra volta un vul-

cano attivo simile all' Etna, al Vesuvio, allo stromboli ed al vulcano delle isole Lipari.

(240) pag. 225. Cf. Reinwardt ed Hoffmann, negli Annali di Poggendorff, vol. XII, p. 607; Leop. di Buch, *Descr. delle Isole Canarie.* p. 424-426. La eruzione dei fanghi argillosi del Carguairazo, nel 1698, nella distruzione del vulcano; i *Lodazales* d' Igualata e la *Moya* di Pelileo sono fenomeni vulcanici della stessa fatta sull' altopiano di Quito.

(241) pag. 226. In uno profilo dei dintorni di Tezcuco, di Totonilco e di Moran (*Atlas géographique et phys.*, tal. VII), che io destinava in origine (1803) ad un' opera inedita (*Pasigrafia geognostica destinada al uso de los jovenes del Colegio de Mineria de Mexico*), ho indicato più tardi (1832) le rocce d' eruzione plutoniche e vulcaniche, sotto il nome d' *endogene* generate nell' interno), e le rocce di sedimento sotto il nome d' *esogene* (generate esteriormente sulla scorza terrestre). Nel sistema grafico che io avevo adottato, le prime erano indicate da una freccia diretta in alto, ↑, e le seconde con una freccia rivolta all' ingiù ↓. Questa indicazione ha se non altro il vantaggio di non isfigurare i profili, in cui si tratta consuetamente di rappresentare serie di strati sedimentarii disposti orizzontalmente gli uni sopra gli altri; in un gran numero di profili più recenti, le eruzioni e le penetrazioni di basalto, di porfido o di sienite, sono figurate da vene ascendenti, d'un modo affatto arbitrario e poco conforme alla natura. Le donominazieni che io ho proposte nel profilo pasigrafico geognostico erano state formate dietro la scorta di quelle di De Candolle (*endogene* per le piante monocotilee, *esogene* per le dicotilee); ma Mohl ha provato con un'analisi più esatta del regno vegetale, che in massima generale e rigorosa il crescimento delle monocotilee non si opera dal di dentro al di fuori, nè quello delle dicotilee dal di fuori al di dentro (Link, *Elementa philos. botanicae*, t. I, 1837, p. 286; Endlicher ed Unger, *Elem. di Botanica*, 1843, p. 89; ted.; e Jussieu, *Traité de Botanique*, t. I, p. 85). Ciò che io chiamo *endogene* viene da Lyell dinotato colla caratteristica espressione di *netherformed* od *hypogene rooks* (*Principles of Geology*, 1833, vol. III, pag. 374).

(242) pag. 226. Cf. Leopoldo di Buch, *Sulla dolomite considerata come roccia*, 1823, p. 36; e lo stesso autore sul grado di fluidità che deve essere attribuito alla rocce plutoniche, all' epoca della loro eruzione, ugualmente che sulla trasformazione dello schisto in gneiss. per l' azione del granito e delle materie che hanno accompagnato il sollevamento di questa roccia, *Mem. dell' Accad. di Berlino*, 1842, p. 58 e 63; ed *Annuario della Critica scientifica*, 1840, p. 195. Ted.

(243) pag. 228. Darwin, *Volcanic Islands*, 1844, p. 49 e 154.

(244) pag. 228. Moreau de Jonnès, *Hist. phys. des Antilles*, t. I, p. 136, 138 e 543; Humboldt, *Relat. hist.*, tom. III, p. 367.

(245) pag. 228. Presso Teguiza; Leop. di Buch, *Isole Canarie*, p. 301.

(246) pag. 228. Vedi più sopra, pag. 20.

(247) pag. 228. Bernardo Cotta, *Geognosia*, 1839, p. 273.

(248) pag. 229. Leop. di Buch, *Sul granito e sul gneiss*, nelle *Mem. dell' Accad. di Berlino*, 1842, p. 60.

(249) pag. 229. Il granito che sorge, presso il lago Kolivan, sotto forma di muraglie divise in istrette falde parallele, contiene rari cristalli di titanite, vi predomina il feldspato e l' albite, Humboldt, *Asie Centrale*, t. I, p. 295, Gustavo Rose, *Viaggio nell' Ural*, vol. I, p. 524.

(250) pag. 229. Humboldt, *Relation historique*, t. II, p. 99.

(251) pag. 229. V. nell' opera citata da Rose, vol. I, p. 584 il piano di Biri-Tau che io disegnai dalla parte del mezzodì, là dove si trovano le tende Kirghise. — Sul granito sferoidale che si divide in iscaglie concentriche, V. Humboldt, *Rel. hist.*, t. II, p. 597, ed *Essai géogn. sur le gisement des roches*, p. 78.

(252) pag. 229. Humboldt, *Asie Centrale*, t. I, p. 299-311, ed i disegni del *Viaggio* di Rose, vol. I, p. 611; tali disegni riproducono la curvatura delle scaglie di granito, indicata da Leop. di Buch come tratto caratteristico.

(253) pag. 230. Questa notabile giacitura è stata descritta, per la prima volta, da Weiss, negli *Archivi delle Miniere* di Karsten, vol. XVI, 1827, p. 5.

(254) pag. 230. Dufrénoy ed Elia di Beaumont, *Géologie de la France*, t. I, p. 130.

(255) pag. 230. Questi eletti intercalati di diorite rappresentano una parte importante nel distretto delle miniere di Naila, presso Steben; le mie più dolci rimembranze di gioventù si annodano a quella contrada ove io studiai la condotta dei lavori delle miniere verso la fine del secolo scorso. Cf. F. Hoffmann, *Annali* di Poggendorff, vol. XVI, p. 558.

(256) pag. 230. Nell'Ural meridionale Baschiriano; Rose, Viaggio, vol. II, p. 171.

(257) pag. 231. G. Rose, *Viaggio nell' Ural*, v. II, p. 47-52, sull'identità dell' eleolite e della nefelina (la proporzione di calce è un po'più forte in questo ultimo minerale); V. Scheerer, negli *Ann.* di Poggend., vol. XLIX, p. 359-381.

(258) p. 234. V. le belle ricerche di Mitscherlich nelle *Mem. dell'Accad. di Berlino*, 1812 e 1823, p. 25-41; negli *Annali* di Pogg., vol. X, p. 137-152; vol. XI, p. 323-332; vol. XLI, p. 213-216 (G. Rose, *Sulla formazione dello spato calcare e dell' aragonite*, *Annali* di Pogg., vol. XLII, p. 353-366; Haidinger, nella *Trans. of the R. Society of Edinburgh* 1827, p. 148).

(259) pag. 236. Lyell, *Principles of Geology*; vol. III, p. 353 e 359.

(260) pag. 236. Questa descrizione delle relazioni di giacitura del granito mette in rilievo il carattere fondamentale e generale di tutta la formazione. Nondimeno l' aspetto che il granito presenta in alcune località lascia congetturare che questa roccia non abbia sempre mancato d' una certa fluidità al momento dell' eruzione (V. più sopra, p. 224; V. pure la descrizione d' una parte della catena di Narym, vicina alle frontiere dell' impero Cinese; Rose, *Viaggio dell' Ural*, vol. I, p. 599): si può dire altrettanto della trachite (Dufrénoy ed Elia di Beaumont, *Description géologique de la France*, t. I, p. 70). Poichè ho parlato più sopra nel testo delle strette fenditu-

re per le quali gli spandimenti basaltici hanno luogo talvolta, ricorderò qui le larghe spaccature che hanno dato passaggio a de' melafiri (quest' ultima roccia non dev' essere confusa coi basalti) ; V. in Murchison, *The Silurian system*, p. 126, l' interessante descrizione d' una spaccatura di 146 m. di larghezza, per la quale il melafiro è stato iniettato nella miniera di Cornbrook, nell' Hoar-Edge.

(261) pag. 227. Sir James Hall, *Edinb. Transact.*, vol. p. 43; vol. VI, p. 71; Gregroy Watt nelle *Philos. Trans. of the Royal Society of London for* 1804, p. II, p. 279; Dartigues e Fleuriau de Bellevue, nel *Journal de Phys.*, t. LX, p. 450; Bischof, *Teoria del calore*, p. 313 e 443.

(262) pag. 237. Gustavo Rose, negli *Annali* di Pogg., vol. XLII, p. 564.

(263) pag. 237. Vedi sul dimorfismo del solfo, Mitscherlich, *Corso di Chimica*, § 55-63. Ted.

(264) pag. 237. Sul gesso considerato come cristallo ad un solo asse, sul solfato di magnesia e gli ossidi di zinco e di nichelio, V. Mitscherlich, negli *Annali* di Pogg vol. XI, p. 328.

(265) pag. 237. Vedi le ricerche fatte da Coste, al Creuzot, sulla trasformazione del ferro laminco in ferro fragile e freddo, nelle *Mem. geog.* d' Elia di Beaumont, t. II, p. 411.

(266) pag. 238. Mitscherlich, *Sulla dilatazione dei Cristalli*, negli *Annali* di Poggendorf, vol. X, p. 151.

(267) pag. 238. Sulle doppie giunture di stratificazione, V. Elia di Beaumont, *Géologie de la France*, p. 41 ; Credner, *Geognosia della Turingia e dell' Harz*, p. 40, ted. ; Roemer, *Terreni di Transizione delle provincie Renane*, 1844, p. 5 e 9 Ted.

(268) pag. 238. La silice non è semplicemente colorata dall'ossido di ferro; è altresì accompagnata da argilla, da calce e da potassa : Rose, *Viaggio*, II, p. 187. Sulla formazione del diaspro per l' azione del porfido dioritico, dell' augite e dell' iperstenfels, V. Rose, vol. II, p. 169, 187 e 192. Cf. altresì vol. I, p. 427, in cui si vede il disegno dei globi di porfido tra i quali il diaspro si presenta anch' esso, nella grauwacke calcare di Bogoslowsk, come un prodotto dell' azione plutonica dell' augite, vol. II, p. 545, ed Humboldt, *Asie Centrale*, t. I, p. 486.

(269) pag. 238. A proposito dell'origine vulcanica della mica, è importante di ricordare che i cristalli di mica si trovano: nel basalto del Mittelgebirge Boemo; nella lava reietta del Vesuvio nel 1812 (Monticelli, *Storia del Vesuvio negli anni*, 1821 e 1822, § 99); nei frammenti di schisto argilloso avviluppati di basalto scoriaceo che si trova sull'Hohenfels, non lungi da Gerolstein, nell'Eifel (V. Mitscherlich, nelle *Formaz. Basaltiche* di Leonhard, p. 224). Sul feldspato prodotto nello schisto argilloso dal contatto del porfido, tra Urval e Poiet (Forez), V. Dufrénoy, *Geolog. della Francia*, t. I, p. 137. Ad un contatto di tal genere è da attribuirsi la singolare struttura amigdalôide e cellulare degli schisti che ho incontrato a Paimpol, in Bretagna (tom. 1. p. 324), in una escursione geologica intrapresa di concerto col prof. Kunt.

(270) pag. 238. Rose, *Viaggio nell' Ural*, vol. 1, p. 586-588.

(271) pag. 239. Leopoldo di Buch, nelle *Mem. dell' Acad. di Berlino*, 1842, p. 63, e nell' *Annuario per la critica scientifica*, 1840, p. 196, ted.

(272) pag. 239. Elia di Beaumont, negli *Annales des Sciences naturelles*, t. XV, p. 362-372 : « Avvicinandosi alle masse primitive del monte Rosa e delle montagne situate al ponente di Coni, si vede che gli strati secondarii vanno sempre più perdendo i caratteri inerenti al loro modo di deposito. Sovente allora ne assumono di tali che sembrano provenire da tutt' altra causa, senza perdere per questo la loro stratificazione, ricordando con tale disposizione la struttura fisica d'un tizzone mezzo incarbonito, nel quale si possono seguire le tracce delle fibre legnose, molto al di là dei punti che presentano ancora i caratteri naturali del legno. » (Cf. gli *Annales des Sciences naturelles*, t. XIV, p. 118-122, e N. di Dechen, *Geognosia*, p. 553). Fra le prove più notevoli della metamorfosi delle rocce sotto l' influenza plutonica, bisogna annoverare le belemniti dello schisto di Nuffenen (vallata alpestre d' Egina e ghiacciaia di Gries), e quelle che il signor di Charpentier ha trovate nel calcare preteso primitivo, sul fianco occidentale del Col de Seigne (tra l' Enclove di Montjovet e la fucina alpina di La Lanchette), e ch'egli mi ha mostrate a Bex, nell' autunno del 1822 (*Annales des Chimie*, t. XXIII, p. 262).

(273) pag. 239. Hoffmann, *Annali*, di Pogg. vol. XVI, p. 552 : « Gli strati di schisto argilloso di transizione che si possono seguire, nel Fichtelgebirge, per la lunghezza di tre miriametri, vennero trasformati in gneiss ai due capi soltato per quali questi strati si trovano in contatto col granito. Là si vede come il gneiss si è formato poco a poco, come la mica e le amigdaloidi feldspatiche si sono sviluppate nella massa interiore dello scisto, il quale contiene già egli stesso quasi tutti gli elementi di tali sostanze. »

(274) pag. 239. Tra le opere d'arte che ci sono rimaste dell' antichità greca o romana, non si trovano nè colonne, nè grandi vasi di diaspro; il quale anche di presente non trovasi in grandi dimensioni che nei monti Urali. La materia che scavasi nell' Altai (*Revennaja Sopka*) sotto il nome di diaspro, proviene da un magnifico porfido *listato*. Il vocabolo stesso rinviensi nelle lingue semitiche, ed è stato pure applicato a frammenti di *jaspachat* e ad un' opale diasproide conosciuta dagli antichi sotto il nome di *jasponix:* ciò è quanto almeno sembra risultare dalla descrizione imbrogliata che si legge in Teofrasto (*De Lap.*, 23 e 27) ; ed in Plinio (XXXVII, 8 e 9): quest'ultimo pone il diaspro nel novero delle gemme opache. Questa materia era sì rara presso gli antichi che, parlando d'un pezzo di diaspro di undici pollici di lunghezza Plinio, crede di dover affermare d'aver veduto egli stesso tale rarità: « Magnitudinem jaspidis undecim unciarum vidimus, formatamque inde effigiem Neronis thoracatam. » Secondo Teofrasto, la pietra chiamata *smaragd* o smeraldo, di cui si tagliarono grandi obelischi, non sarebbe che un diaspro *non listato*.

(275) pag. 240. Humboldt, *Lettre à M. Brochant de Villiers*, negli *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXIII, p. 261 ; Leopoldo di Buch, *Lettere geogn. sul Tirolo meridionale*, p. 101, 105 e 273.

(276) pag. 240. Sulla trasformazione del calcare compatto in calcare granulare, mediante il granito, ne'Pirenei (Montagna di Rrancie), V. Dufrénoy, nelle *Mémoire géologiques*, t. II, p. 440; nelle montagne dell' Oisans, Elia di Beaumont, *Mém. géol.*, t. II, p. 379-415; mediante il porfido dioritico e pirossenico (*ofite;* Elia di Beaumont, *Géolog. de la France*, t. I, p. 72) fra Tolosa e San Sebastiano, V. Dufrénoy, nelle *Mém. géol.*, t. II, p. 130; nell' isola di Skye, dove il calcare trasformato dalla sienite presenta ancora tracce visibili d' impietramenti, V. la *Geognosia*, p. 573 di Dechen. Nella metamorfosi della creta in contatto col basalto, le molecole deggiono aver subito uno spostamento notevolissimo, per dar luogo alla struttura cristallina o granita della roccia attuale; poichè, avanti la trasformazione, queste molecole formavano un'infinità di piccoli anelli separati, come Eherenberg se n'è assicurato mediante ingegnose ricerche microscopiche sulla roccia primitiva. V. gli *Annali di Fis.* di Ponggendorf, vol. XXXIX, p. 105, e sugli anelli formati per mezzo di precipitati d' aragonite, V. Gustavo Rose, medesima raccolta, vol. XLII, p. 354.

(277) pag. 240. Letti di calcare granulare nel granito, al porto di Oo ed a Mont de Labourd. G. Charpentier, *Constit. géolog. de Pyrenées*, p. 144-146.

(278) pag. 240. Leopoldo di Buch, *Descr. delle Canarie*, p. 394; Fiedler, *Vaggio in Grecia*, tav. II, p. 184, 190 e 516.

(279) pag. 240. Ho già fatto allusione, in un altro luogo, a questo passo notabile d'Origine; *Philosophumena*, cap. 14, (*Opera*, ed. Delarue, t. I, p. 893). Ogni cosa induce a credere che Senofane non abbia voluto parlare d' un' impronta d'*alloro* (τύπον δάφνης), ma bensì d'un'impronta di pesce (τύπον αφύης); Delarue biasima a torto Giacobbe Gronovio d'aver preferito la seconda versione, e d'aver sostituito il vocabolo *sardella* al vocabolo *alloro*. In ogni caso, la scoperta d' un pesce fossile è più verosimile di quella d' un' imagine di Sileno (Plin., XXXVI, 5) trovata, dicesi, da alcuni operai nelle cave di Paro (Marmi del monte Marpesso, Servio ad *Virg. Aen.*, VI, 471).

(280) pag. 241. Sulla costituzione geologica dei dintorni di Carrara (*città della Luna*, Strabone, lib. V, p. 222), V. Savi *Osservazioni sui terreni antichi toscani*, nel *Nuovo Giornale dei letterati di Pisa*, N.º 63, ed Hoffmann, negli *Archivii di Mineralogia*, di Karsten, vol. VI, p. 258-263, e nel *Viaggio geogn. in Italia*, dello stesso autore, p. 244-265. Ted.

(281) pag. 241. Questa ipotesi è stata emessa da un osservatore distinto, Karls de Leonhard; V. il suo *Annuario mineralogico*, 1834, p. 329, e Bern Cotta, *Geognosia*, p. 310.

(282) pag. 241. Leopoldo di Buch, *Lettere geogn. ad Alessandro di Humboldt*, 1824, p. 36 e 82; lo stesso, *Annales de Chimie*, t. XXIII, p. 276, e nelle *Mem. dell' Acad. di Berlino*, 1822 e 1823, p. 83-136; Dechen, *Geognosia*, p. 574-576.

(283) pag. 243. Hoffmann, *Viaggio geogn.*, riveduto da Dechen, p. 113-119, 380-386; *Annali di Fis.* di Poggend., vol. XXVI, p. 41.

(284) pag. 243. Dufrénoy nelle *Memorie geologiche*, t. II, p. 175 e 179.

(285) pag. 243. Humboldt, *Essai geogn. sur le gisement des roches*, p. 93; *Asie Centrale*, t. III, p. 532.

(286) pag. 244. Elia di Beaumont, *Annales des Sciences naturelles*, t. XV, p. 362; Murchison, *Silurian System.*, p. 286.

(287) pag. 244. Rose, *Viaggio nell' Ural*, vol. I, p. 364 e 367.

(288) pag. 244. Leop. di Buch, *Lettere*, p. 109-129. Cf. Elia di Beaumont sul contatto di granito con gli strati del Jura, nelle *Mem. Geol.*, t. II, p. 408

(289) pag. 244. Hoffmann : *Viaggio*, p. 30 e 37.

(290) pag. 244. Sulla formazione del ferro specolare e sulle reazioni chimiche che le determinano, V. Gay-Lussac, negli *Annales de Chimie*, t. XXII, p. 415, e Mitscherlich, negli *Annali* di Poggend., t. XV, p. 630. Le cavità dell' ossidiana di Cerro del Jacal, che io ho portata dal Messico, contengono pure cristalli d'olivina formati senza dubbio per via di sublimazione (Gustavo Rose, *Annali* di Pogg., t. X, p. 323). In tal guisa l' olivina si presenta nel basalto, nella lava, nell' ossidiana, nelle scorie artificiali, nelle pietre meteoriche, nella sienite d'Elfdalen, e sotto il nome d' ialosiderite nella Wache di Kaiserstuhle

(291) pag. 245. Costantino di Beust, *Sulle formazioni porfiritiche*, 1835, p. 89-96, ted.; lo stesso, *Dilucidazione della teoria dei filoni di Werner*, 1840, p. 6, ted.; C. de Weissenbach, *Disegni di varii generi notabili di penetramento*, 1836, fig. 12, ted. Ma la struttura in forma di fascie strette non è generale; del pari l'ordine nel quale i diversi membri di tali masse si succedono non indica necessariamente la loro età relativa; V. Freiesleben, *Sui filoni metalliferi della Sassonia*, 1843, p. 10-12; ted.

(292) pag. 245. Mitscherlich, *Sulla riproduzione artificiale dei minerali*, nelle *Mem. dell' Accad. di Berlino*, 1822 e 1823, p. 25-41.

(293) pag. 246. Le scorie hanno dato cristalli di feldspato, scoperti da Heine, in un fornello da fusione pel minerale di rame, presso Sangerhausen, ed analizzati da Kersten (*Annali* di Pogg., vol. XXXIII, p. 337); cristalli d' augite, nelle scorie di Sahle (Mitscherlich, *Mem. dell' Accad. di Berlino*, 1822 e 1823, p. 40); cristalli d' olivina (Sefstroem, nell' opera di Léonhard, *Formazioni basaltiche*, vol. II, p. 495); della mica, nelle vecchie scorie di Gurpenberg (Mitscherlich, nell'opera citata di Leonhard, p. 506); cristalli d'ossido magnetico di ferro, nelle scorie di Châtillon sulla Senna (Léonhard, p. 441); ferro specolare prodotto in argilla da stoviglie (Mitscherlich, in Léonhard, pag. 234).

(294) pag. 246. I minerali ottenuti artificialmente sono: l'idocraso ed il granato (Mitscherlich, *Annali* di Poggend., vol. XXXIII, p. 340), il rubino (Gaudin, *Comptes rendus de l' Acad. des Sciences*, t. IV, p. 1, p. 999); l'olivina e l'augito (Mitscherlich e Berthier, negli *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXIV, p. 376). Quantunque l' augite e l' ornblenda presentino, secondo G. Rose, la più grande similitudine nella forma dei loro cristalli, ed abbiamo quasi la stessa chimica composizione, tuttavia la hornblenda non si è mai riscontrata nelle scorie accanto all' augite, ed i chimici non hanno ancora potuto riprodurre nè la hornblenda, nè il feldspato (Mitscherlich, *An-*

nali di Pogg., vol. XXIII, p. 340; e Rose, *Viaggio nell' Ural*, vol. II, p. 358 e 363. Cf. Altresì Beudant, *Mém. dell' Acad. des Sciences*, t. VIII, p. 221, e le ingegnose ricerche di Becquerel, nel suo *Traité de l' Eletricité*, t. I, p. 334 ; t. III p. 218 ; t. V, 1, p. 148 e 185.

(295) pag. 246. D'Aubuisson, *Journal de Phisique*, t. LXVIII, p. 128.

(296) pag. 247. Leop. di Buch, *Lettere geogn.* p. 75-82; vedesi in pari tempo in questo passo, perchè l' arenaria rossa (*todtliegende* degli strati di floetz della Turingia) ed il terreno carbonifero debbano essere considerati come prodotti dall' eruzione delle rocce porfiritiche.

(297) pag. 249. È questa una scoperta di Miss Mary Anning, la quale ha pur trovato i coproliti dei pesci. Questi coproliti, e gli escrementi degl' ittiosauri sono sì numerosi in Inghilterra (per esempio, a Lyme Regis), che Buckland li paragona a pomi di terra sparsi in copia sul suolo. Cf. Buckland, *Geology considered with reference to Natural Theology*, vol. 1, p. 188-202 e 305. Sulla speranza manifestata da Hooke « to raise a chronology » dello studio delle conchiglie fossili, « and to state the intervals of the time wherein such or such catastrophes and mutations have happenend, » V. *Posth. Wortis, Lecture Feb.* 29, 1688.

(298) pag. 249. Leop. di Buch, *Mem. de l'Accad. di Berlino*, 1737, p. 64.

(299) pag. 250. Lo stesso, *Rocce e terreni della Russia*, 1840, p. 24-40.

(300) pag. 250. Agassiz, *Monographie des Poissons fossiles du vieux grès rouge*, p. VI e IV.

(301) pag. 250. Leopoldo di Buch, *Mem. dell' Accad. di Berlino*, 1838, p. 149-168; Beyrich, *Documenti relativi al terreno di transizione delle provincie Renane*, 1837, p. 45, ted.

(302) pag. 251. Agassiz, *Recherches sur les Poissons fossiles*, t. I, Introd., p. XVIII, *Consolations in Travel*, dial. III).

(303) pag. 251. Secondo Ermanno di Meyer, sarebbe un *Protosauro*. La costa d'un sauro trovata, dicono, nel calcare di montagna (calcare carbonifero) del Northumberland (Erm. di Meyer, *Palaeologica*, p. 299), è dubbiosissima, secondo Lyell (*Geology*, 1832, vol. I, p. 148). L'autore della scoperta ne stabilisce egli medesimo il luogo negli strati d'alluvione che coprono il calcare di montagna.

(304) pag. 251. F. d'Alberti, *Monografia del Bunten Sandstein, del Muschelkalk e del Keuper*, 1834, p. 119 e 214.

(305) pag. 251. Vedi le ingegnose considerazioni di E. di Meyer, sull'organizzazione dei sauri volanti, nei *Palaelogica*, p. 228-252. A Solenhofen nello schisto litografico della formazione iurassica superiore, si è trovato il *Pteodactylus crassirostris*, ugualmente il *P. longirostris* (*Ornithocephalus*, Soemmering) più anticamente conosciuto. Il professore Goldfuss ha anzi trovato, in un esemplare fossile della prima specie, tracce dell'ala membranosa e l'impronta di vario ciocche di peli ricurvi, aventi qua e là alcuni centimetri di lunghezza.

(306) pag. 252. Cuvier, *Recherches sur les Ossements fossiles*, t. I, p. LII, LVII (Cf. la *Scala delle epoche geologiche*, in Phillips, *Geology*, 1837, p. 166-185).

(307) pag. 252. Agassiz *Poissons fossiles*, t. I, p. XXX e t. III, p. 1-52; Bucklan *Geology*, vol. I, p. 273-277.

(308) pag. 253. Ehrenber, sulle specie animali ancora viventi che si sono trovate in istato fossile nella formazione cretacea. *Mem. dell' Accad. di Berlino*, 1839, p. 164.

(309) pag. 253. Valenciennes, *Comptes rendus de l' Acad. des Sciences*, t. VII, 1838, P. 2 p. 580.

(310) pag. 253. Nel Weald-Clay, Beudant, *Géologie*, p. 173. Il numero degli ornitoliti aumenta nel gesso della formazione terziaria (Cuvier, *Ossements fossiles*, t. III, p. 302-328.

(311) pag. 254. Leop. di Buch, nelle *Mem. dell' Accad. di Berlino*, 1830, p. 135-187.

(312) pag. 254. Quenstedt, *Terreni di floetz del Würtemberg*, 1843, p. 135.

(313) pag. 254. Lo stesso p. 13.

(314) p. 255. Murchison fa due divisioni del *Bunten Sandstein*; l' una è il *trias superiore* d' Albert, l' altra divisione comprende il *trias inferiore*, al quale appartiene l' arenaria rosgiana d' Elia di Beaumont; lo zechstein (calcare magnesio) ed il todtliegende (nuova arenaria rossa inferiore) formano il sistema *permio*. Egli fa incominciare le *formazioni secondarie* al trias superiore, vale a dire, alla divisione superiore del Bunten Sandstein tedesco; il sistema permio, il calcare carbonifero o calcare di montagna, gli strati devonici e silurici costituiscono i *terreni paleozoici* di Murchison. In questo sistema la creta ed il calcare del Jura portano il nome di formazioni secondarie superiori; ed il keuper, il calcare conchigliare, l' arenaria screziata, portano quello di formazioni secondarie inferiori; il sistema permio ed il calore carbonifero compongono la formazione paleozoica superiore, e gli strati devonici e silurici insieme la inferiore. Le basi di questa classificazione generale sono svolte nella grande opera in cui l' infaticabile dotto inglese deve esporre la geologia d' una gran parte dell' Europa centrale.

(315) pag. 255. Cuvier, *Ossements fossiles*, 1731, t. I, p. 157, 261 e 264, Cf. Humboldt, *Sull' alto piano di Bogota*, nella *Rivista trimestrale tedesca*, 1839, vol. I, p. 117.

(316) pag. 255. *Journal of the Asiat. Society*, 1844, n.° 15, p. 109.

(317) pag. 256. Beyrich, negli *Archivii per la Mineralogia*, di Karsten, 1844, vol. XVIII, p. 218.

(318) pag. 256. Per gli eccellenti lavori del conte di Stenberg, d' Adolfo Brongniart, di Goeppert e di Lindley.

(319) pag. 256. V. Roberto Brown, *Botany of Congo*, p. 42, e d' Urville, nella memoria: *De la distribution des fougères sur la surface du globe terrestre*.

(320) pag. 256. Tali sono le cicadee scoperte dal conte Sternberg nell' antico terreno carbonifero di Nadnitz, in Boemia, e descritta da Corda (due specie di *cicadici* e *zamiti Cordai*; V. Goeppert, *Cicadee fossili* nei *Lavori della Socie-*

tà Slesiana, 1843, p. 33, 37, 40 e 50). Si è pur trovata una cicadea, il *Pterophyllum gonorrachis Goeppert*, nel terreno carbonifero nella Slesia superiore.

(321) pag. 256. Lindley, *Fossil Flora*, n.º 15, p. 163.

(322) pag. 256. *Fossil coniferae*, in Buckland, *Geology*, p. 483-490. Witham ha il gran merito d'avere per primo riconosciuto l'esistenza dei coniferi nella vegetazione primitiva dell'antica formazione carbonifera. Altra volta, la più parte dei tronchi d'albero che si riscontrava in questa formazione erano considerate come palme. Del rimanente, le specie del genere *Praucarites* non sono affatto proprie ai terreni carboniferi delle isole Britanniche; esse trovansi pure nella Slesia superiore.

(323) pag. 258. Adolfo Brongniart, *Prodrome d'une Hist. des végétaux fossiles*, p. 179; Buckland, *Geology* p. 479; Endlicher ed Unger, *Elementi di Botanica*, 1843, p. 455. Ted.

(324) pag. 57. « *By means of Lepidodendron a better passage is established from Flowering to Flowerless Plants than by either Equisetum or Cycas or any other known genus.* » Lindley e Hutton, *Fossil Flora*, vol. II, p. 53.

(325) pag. 257. Kunth, *Classificazione delle famiglie delle Piante*, nel suo *Manuale di Botanica*, p. 307 e 314. Ted.

(326) Il carbone di terra non proviene da vegetabili carbonizzati dal fuoco, ma da vegetabili decomposti per la via umida sotto l'influenza dell'acido solforico. La prova più calzante che si possa arguire in favore di tale opinione è stata data da Goeppert, negli *Archivii di Mineralogia* di Karsten, vol. XVIII, p. 530. Goeppert ha esaminato un frammento dell'albero da ambra che fu trasformato in carbone nero senza che l'ambra abbia subito alterazione; il carbone e l'ambra vi si trovano l'uno all'altra sovrapposti. Quando alla parte spettante ai piccoli vegetabili nella formazione degli strati carboniferi, V. Link, nelle *Mem. dell' Accad. di Berlino*, 138, p. 38.

(327) pag. 258. V. i diligenti lavori di Chevandier, nei *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, 1844, t. XVIII, P. I, p. 285. Paragonando tale strato di carbone di sedici millimetri di grossezza con gli strati di carbone di terra, bisogna tener conto dell'enorme pressione alla quale questi ultimi strati sono sottoposti; tale pressione si manifesta per la forma schiacciata di quasi tutti i tronchi d'alberi sotterranei. « Le *montagne di legname* che sonosi vedute sulla spiaggia meridionale della Nuova Siberia, isola scoperta nel 1806 da Sirowatskoi, consistono, secondo Hedenstroem, in una serie di strati di arenaria orizzontali, alternanti, sopra un'altezza di circa sessantamila, con tronchi d'alberi bituminosi. In cima alla montagna, questi tronchi sono disposti verticalmente. Lo strato, pieno di *legname già galleggiante*, è visibile per un tratto di cinque miriametri. » V. Wrangel *Viag. sulla costa settentrionale della Siberia, negli anni* 1820-1824, P. I, p. 102.

(328) pag. 259. Quesaa *corypha* è la soiata (in lingua azteca, *zoyatl*) o il *Palma dulce* degl'indigeni; V. Humboldt e Bonpland, *Synopsis plant. aequinoct. orbis novi*, t. I, p. 302. Un uomo profondamente versato nelle lingue dell'America, il professor Buschmann, fa osservare che il *Palma soyate* è indica-

ta sotto questo nome nel *Vocabolario de la lengua Othomi* di Yepes e che il vocabolo azteco *zoyatl* (Molina, *Vocabulario en lengua mexicana y castellana*) si trova nei nomi di luogo come Zoytaitlan e Zoyapanco nello stato di Chiapa.

(329) pag. 259. A Baracoa ed a Cayos de Moa; Ved. il giornale dell' Ammiraglio, in data del 25 e del 27 novembre 1492, ed Humboldt, *Esamen critique de l' Hist. de la Géogr. du Nouveau-Continent*, t. II, p. 252, e t. III, p. 23. Colombo era sì attento a tutti i fatti naturali che riconobbe per primo la differenza dal *Podocarpus* al *Pinus*. Io trovo, egli dice, « *en la tierra aspera del Cibao pinos que no llevan pinas, pero por tal orden compuestos por naturaleza, que* (*los frutos*) *parecen azeytunas del Axarafe de Sevilla.* » Il grande botanico Richard non sospettava, pubblicando il suo eccellente trattato sulle cicadee ed i coniferi, che molto prima di L. Heritier, il Podocarpo fosse stato distinto dagli Abietinei da un navigaiore del secolo XV.

(330) pag. 259. Carlo Darwin, *Journal of the Voyages of the Adventure ande Beagle*, 1839, p. 271.

(331) pag. 260. Goeppert descrive ancora tre Cicadee (specie del genere *Cicadites* e *Pterophyllum*) provenienti dallo schisto argilloso carbonifero d'Altsattel e di Commotau ie Boemia; esse appartengono forse al periodo eoceno (Goeppert, nell' opera citata alla nota (20), p. 61).

(332) pag. 260. Buckland, *Geology*, p. 509.

(333) pag. 261. Leopoldo di Buch, nelle *Memorie dell' Accad. di Berlino*, 1815, p. 161, e negli *Annali* di Pogendorf, vol. IX, p. 575; Elia di Beaumont, negli *Annales des Sciences Nat.*, t. XIX, p. 60.

(334) pag. 262. Cf. Elia di Beaumont, *Descr. géol. de la France*, t. I, p. 65; Beudant, *Géologie*, 1844, p. 209.

(35) pag. 266. *Transaction of the Cambrigde Philos. Society*, vol. VI, P. 2, 1837, p. 297. Secondo altri autori, la proporzione è di 100 a 284.

(36) pag. 266. Nel medio evo dominava l' opinione che i mari coprissero la settima parte soltanto della superficie terrestre; credenza che il cardinale d'Ailly fondava sul 4.° libro apocrifo d' Esdra. Cristoforo Colombo, il quale attingeva tutte le sue nozioni cosmologiche nell' opera del Cardinale, aveva molto a cuore di difendere questa opinione della piccolezza relativa dei mari, che l' espressione mal compresa « Fiume dell' Oceano » maggiormeute avvalorava. Cf. Humboldt, *Examen critique, de l' hist. de la Géogr.*, t. I, p. 186.

(37) pag. 267. Agatemero, in Hudson, *Geographi minores*, t. II, p. 4. Cf. Humboldt, *Asie Centrale*, t. I, p. 120, 125.

(38) pag. 267. Strabone, lib. I, p. 65, Casaub. Cf. Humboldt. *Examen critic.* t. I, p. 152.

(39) pag. 268. V. sulla latitudine media del litorale dell' Asia settentrionale e sulla vera denominazione del Capo Taimura (Capo Siewero-Wostotschnoi) e del Capo del nord-Est (Scalagskoi Mys), Humboldt, *Asie Centrale*, t. III, p. 35 e 37.

(40) pag. 288. Medesima opera, t. I, p. 198-200. Del pari la punta meri-

dionale dell' America, ugualmente che l' arcipelago che porta il nome di Terra di Fuoco, si trovano sul meridiano dalla parte più settentrionale della baia di Baffin e della gran terra polare, i di cui limiti non sono ancora determinati, e che appartiene forse alla Groenlandia occidentale.

(41) pag. 269. Strabone, lib. II, p. 126, Casaub.

(42) pag. 269. Humboldt, *Asie Centrale*, t. III, p. 25. Fin dal 1817, ho mostrato nella mia opera *De distributione geographica plantarum secundum coeli temperiem et altitudinem montium*, di quale importanza sia per la climatologia e lo studio dell' incivilimento, la distinzione di continenti *articolati* e non *articolati* o compatti: *Regiones vel per sinus lunatos in longa cornua porrectae, angulosis littorum recessibus quasi membratim discerptae, vel spatia patientia in immensum, quorum littora nullis incisa angulis ambit sine anfractum Oceanus* » (p. 81 e 182). Sulla relazione dell' estensione delle coste alla superficie del continente, relazione che permette di giudicare, d' un modo generale, a qual punto l' interno sia accessibile, V. gli *Annali di Geogr.* di Berghaus, t. XII, 1835, p. 490, e l' *Atlante fisico*, 1839, n.° III, p. 69.

(43) pag. 269. Strabone lib II, p. 126. Casaub.

(44) pag. 269. Plinio ha detto, parlando dell' Africa (V, 1) *Nec alia pars terrarum pauciores recipit sinus*. La piccola penisola Transgangetica, con la sua figura triangolare, ci presenta una terza forma sommamente analoga a quelle dell' Africa e dell' America del Sud. L' idea di una certa *regolarità* nella configurazione della terraferma ha dominato nell'antichità greca. Era opinione allora che vi fossero quattro grandi golfi, tra i quali il golfo Persico ed il mare d' Ircania (il mare Caspio) dovevano essere opposti l' uno all' altro (Arriano, VII, 16; Plut. *in vita Alexandri*, cap. 44; Dionis. Perieg., vol 48 e 630, p. 11 e 38, Bern.). Inoltre, quattro golfi si trovavano sul disco lunare, come un riverbero delle grandi forme della superficie terrestre (V. questo fantastico concetto d' Agesianace in Plut., *De Facie in Orbe Lunae*, p. 921, 19). Convien leggere in Macrobio. *Comm. in Somnium Scipionis*, II, 9, la descrizione della *terra quadrifida*, o dei quattro continenti disposti due a due, al settentrione ed al mezzodì dell' equatore. Io ho assoggettato questa parte dell' antica geografia ad una nuova e diligente discussione, onde sbarazzarla dalla grande confusione in cui giaceva; V. il mio *Examen crit. de l' Histoire de la Géogr.*, t. I, p. 219, 145, 180-285, e la mia *Asie Centrale*, t. II, p. 172-178.

(45) pag. 269. Fleurieu, nel *Voyage de Marchand auctour du monde*, t. IV, p. 38-42.

(46) pag. 270. Humboldt, nel *Journal de Physique*, t. LIII, 1799, p. 33, e *Relat. hist.*, t. II, p. 19; t. III, p. 189 e 198.

(47) pag. 270. Humboldt, negli *Annali di Fisica* di Poggendorf, vol. IX, p. 171. Sulla notabile formazione di *fiordi* che si estende al sud-est dell' America, V, Darwin, *Journal (Narrative of the voyages of the Adventure and Beagle*, vol. III), 1839, p. 266. Il parallelismo delle due catene si mantiene dal 5.° grado di latitudine boreale fino al 5.° grado di latitudine australe. Il cam-

biamento di direzione che quella costa presenta verso Arica sembra essere la conseguenza d'un cambiamento analogo nell'immensa spaccatura sulla quale la *Cordigliera de los Andes* è stata sollevata.

(48) p. 272. De la Béche, *Sections and Wiewes illustrative of Geological Phenomena*, 1830, tab. 40; Carlo Babbage, *Observations on the Temple of Serapis al Pozzuoli near Naples and on certain causes which may produce Geological Cycles of great extent*, 1834. « Se la temperatura d' uno strato d'arenaria, di 8000 metri di spessore, aumenta di 45°, la superficie di tale strato dilatato s'innalzerà di 7.m Il contrario avviene per gli strati argillosi; il loro riscaldamento produce una contrazione e quindi una depressione del suolo. » Cf. i calcoli che Bischof ha fatti sull'alzamento secolare della Svezia, supponendo che la temperatura d'uno strato di 45500 m. di spezzore aumenti di 3° Reaumur. Bischof, *Teoria del calore interno del Globo terrestre*, p. 303.

(49) pag. 273. « Si è supposto fino ad ora che la gravità rimanga invariabile in ogni punto della superficie. Ma dopo le novelle prove che si sono acquistate d' un lento sollevasi di grandi tratti della superficie terrestre, questa ipotesi, in apparenza sì bene fondata, è divenuta fino ad un certo punto dubbiosa. » Bessel, *Sui pesi e sulle misure*, nell'*Annuario* di Schumacher pel 1840, p. 134.

(50) pag. 273. P. II (1810), p. 389, Cf. Hallstroem, nei *Kongl. Vetenskaps-Academiens Handlingar* (Stoccolma, 1823, p. 30; Lyell, nelle *Pphilos. Trans.* for 1835, p. 1 ; Blom, *Descr. stat. della Norvegia*, 1843, p. 89-116, ted. Fin dal 1802, avanti la pubblicazione del viaggio di Leopoldo di Buch in Scandinavia e dopo l' epoca del viaggio stesso, Playfair presumeva che il livello del mare non si abbassasse, ma che il suolo della Svezia si sollevasse (*Illustrations of the Huttunian Theory* § 393); secondo Keilhau (*Om Landjordens Stigning in Norge*, nel *Nyt Magazin for Naturvidenskaberne*), Playfair anch' esso sarebbe stato preceduto in quest' ordine d' idee dal Danese Jessen. Tali opinioni però non hanno esercitato alcuna influenza sui progressi della fisica del globo, nè sui lavori del grande geologo tedesco, al quale rimasero interamente sconosciuti. In un' opera intitolata: *Kongeriget Norge fremstillet efter dets naturlige of borgerlige Tilstand*, Kjoebenh., 1763, Jessen ha cercato d' investigare le origini delle variazioni che prova la differenza di livello del mare e della terraferma, prendendo per base le determinazioni antiche di Celsio, di Kalm e di Dalin. Sulle prime mostra di credere quasi alla possibilità d' un' intumescenza delle pietre e delle rocce, e da ultimo attribuisce ai terremoti la causa prima del sollevarsi del suolo. « Quantunque il terremoto (a Egersund) non abbia avuto per conseguenza un sollevamento di tal genere, è possibile, dice Jessen, che le scosse abbiano preparato la via all' azione di alcune altre cagioni. »

(51) pag. 273. Berzelius, *Rapporto annuale su' progressi delle scienze fisiche*, n.° 18, p. 686. L' isola di Bornholm e quella di Saltholm, situata dirimpetto a Copenaghen, s' innalzano assai poco: il sollavamento a ap-

pena d' un terzo di metro per secolo per Bornhol. V. Forchhammer, nel *Philosoph. Magazini*, *series* III, vol. II, p. 309.

(52) pag. 273. Keilhau, nel *Nyt Mag. for Naturvid.*, 1832, vol. I, p. 105-254; vol. II, p. 52; Bravai, *Sur les lignes d'ancien niveau de la mer*, 1843, p. 15-40. Cf. altresì Darwin, *On the Parallel roads of Glen-Roy, and Lochaber*, nelle *Philos. Transact. for* 1839, p. 60.

(53) pag. 274. Humboldt, *Asie Centrale*, t. II, p. 319-324; t. III, p. 549-551. La depressione del mar rosso è stata determinata successivamente dalle misure barometriche del conte Bertou, dalle misure molto più accurate di Russegger e dalle operazioni trigonometriche del tenente di vascello Symond. Quest' ultima misura diede, secondo una legge diretta da Alderson alla Società geografica di Londra (lettera comunicatami dal mio amico il capitano Washington) 489 m. per la differenza d' altezza tra il livello del mar Morto e la più alta casa di Giaffa. Alderson credeva, a quel tempo (28 nov. 1841), che il mar morto fosse a 427 m. al disotto del Mediterraneo. In una comunicazione più recente del tenente Symond (Jameson' s *Edinb. New Philos. Journ.*, vol. XXXIV, 1843, p. 178) il risultamento definitivo delle due misure trigonometriche perfettamente concordanti è quattrocento metri.

(54) pag. 274. *Sur la mobilité du fond de la mer Caspienne*, nella mia *Asie Centrale*, t. II, p. 283-294. Nel 1830, l' Accademia imperiale delle Scienze di Pietroburgo diede l' incarico, a mia inchiesta, al dotto fisico Lenz di collocare de' segni stabili sulla penisola d' Abschéron, presso Bakù, onde indicare il livello medio dell' acqua determinata. Del pari ho insistito, nel 1839, in un' appendice alle istruzioni date al capitano Ross per la spedizione antartica, sulla necessità di stabilire, come nella Svezia e come sulle rive del Caspio, delle marche sulle rocce che fiancheggiano il mare nell' emisfero del Sud. Se ciò fossesi fatto in occasione dei primi viaggi di Cook e di Bougainville, oggidì sapremmo se il cangiamento secolare del livello relativo delle acque e delle terre sia un fenomeno generale ed un fatto meramente locale, e se esista una legge fissa nella direzione dei punti che s' innalzano o s' abbassano simultaneamente.

(55) pag. 274. Sull' abbassamento ed il sollevamento del fondo del mare del Sud, e le diverse « areas of alternat movements. » Darwin' s *Journal*, p. 557 e 561-566.

(56) pag. 277. Humboldt, *Relat. hist.*, t. III, p. 232-234. Cf. altresì le ingegnose osservazioni sulla configurazione della terra e la disposizione delle linee culminanti, in Alberto di Roon, *Principii di Geografia, di Etnologia e di Statistica*, 1ª, div., 1837, p. 158, 270 e 276.

(57) pag. 278. Leopoldo di Buch, *Sui sistemi geognostici dell'Allemagna*, nelle *Lettere geogn. ad Alessandro di Humboldt*, 1824, p. 265-271; Elia di Beaumont, *Recherches sur les révolutions de la surface du globe*, 1829, p. 297-307.

(58) pag. 279. Humboldt, *Asie Centrale*, t. I, p. 277-283. V. pure il mio

Essai sur le gisement des roches, 1822, p. 57, e *Relat. hist.*, t. III pagina 244-250.

(59) pag. 278. *Asie Centrale*, t. I, p. 284-286. Il mare Adriatico segue egualmente la direzione S. E. — N. O.

(60) pag. 278. Dell' altezza media dei continenti nella mia *Asie Centrale*, t. I, p. 82-90 e 165-189. I risultamenti che io ho ottenuti devono essere considerati come *numeri-limiti*, Laplace valuta centomila d'altezza media dei continenti; questo numero è per lo meno tre volte troppo forte. L'immortale geometra era stato condotto a tale risultamento da certe considerazioni ipotetiche sulla profondità media dei mari (*Mécan. celeste*, t. V, p. 14). Io ho mostrato nell' *Asie Cent.* t. I, p. 93, che già i matematici della scuola d' Alessandria avevano creduto che tale profondità fosse determinata dall'altezza delle montagne (Plu in *Æmilio Paulo*, cap. 15). L'altezza del centro di gravità delle masse continentali va soggetta probabilmente a deboli variazioni nel corso dei secoli.

(61) pag. 279. *Seconda lettera geologica di Elia di Beaumont ad Alessandro di Humboldt*, negli *Annali* di Poggendorf, vol XXV, p. 1-58.

(62) pag. 280. Humboldt, *Relat. hist.*, t. III, cap. XXIX, p. 514-530.

(63) pag. 282. V. la serie delle osservazioni da me fatte nel mare del Sud da 0° 5' fino a 13° 16' di latitudine boreale, *Asie Cent.*, t. III, p. 334.

(64) pag. 282. Si potrà (per mezzo della temperatura dell' Oceano sotto i tropici) affrontare con buon successo una questione capitale rimasta fino ad ora indecisa, la questione della costanza delle temperature terrestri, senz'avere da pigliar pensiero delle influenze locali naturalmente assai circoscritte, provenienti dal diboscamento delle pianure e delle montagne, dal disseccamento dei laghi e delle paludi. Ogni secolo, lasciando in retaggio ai secoli futuri alcune cifre assai facili da ottenere, darà loro il mezzo forse più semplice, più esatto e più diretto di decidere se il sole, oggidì sorgente primaria pressochè esclusiva del calore del nostro globo, muti di costituzione fisica e di fulgore, come la maggior parte delle stelle, o se al contrario questo astro sia giunto ad uno stato permanente. Arago, nei *Compt. rendus des séances de l' Acad. des Sciences*, t. XI, P. 2, p. 309.

(65) pag. 282. Nessun' annotazione.

(66) pag. 282. Humboldt, *Asie Centrale*, t. II, p. 321 e 327.

(67) pag. 282. V. i risultamenti numerici, med. op., t. II, p. 328-33. Mediante un livellamento geodesico che il mio vecchio amico, il generale Bolivar, fece eseguire a mia istanza, nel 1828 e 1829, da Lloyd a Falmare, è dimostrato che il livello del mare del Sud è 1 m. al più più alto di quello del mare delle Antille, ed anzi che uno di que' due mari è quando più elevato quando più basso dell' altro, secondo le ore delle loro maree rispettive. Ora quando si considera che il livellamento è stato effettuato sopra una lunghezza di dodici miriametri, in 933 stazioni e per altrettante soste di livello, si potrà facilmente ammettere che l' errore del risultamento finale si risolva in 1 m., e tenere questo risultamento come una novella prova dell' equilibrio delle acque che comunicano verso il capo Horn (Arago, *Annuaire du Bureau des Longi-*

tudes pel 1831, p. 319). Io avevo già creduto di riconoscere nel 1799 e 1804, per le mie proprie barometriche osservazioni, che, se esistesse una differenza tra il livello del mare del Sud e quello del mare delle Antille, questa differenza non potesse oltrepassare 3 metri. V. la mia *Relat. hist.*, t. III, p. 555-557, e gli *Annales de Chimie*, t. I, p. 35-64. Le misure che sembrano stabilire una eccedenza d' altezza per le acque del golfo del Messico e per quelle della parte settentrionale del mare Adriatico (combinando le operazioni trigonometriche di Delcros e di Choppin con quelle degl' ingegneri svizzeri ed austriaci) non sembrano meritare, su tal punto, molta fiducia. Non ostante la forma del mare Adriatico, è inverosimile che il livello della parte settentrionale sia 8m, 4 sopra il livello del Mediterraneo, a Marsiglia, e 7m, 6 sopra quello dell' Oceano Atlantico. Veggasi la mia *Asie Centrale*, tomo II, pag. 332.

(68) pag. 283. Bessel, *Sulle maree* nell' *Annuario di Schumacher* pel 1838, pag. 225.

(69) pag. 284. La densità dell' acqua del mare dipende insieme dalla temperatura e dal grado di salsedine; e questo un elemento a cui non si è bastantemente avvertito nell' investigazione delle cause che producono le correnti. La corrente submarina, che riconduce verso l' equatore le acque fredde delle regioni circompolari, seguirebbe una direzione diametralmente opposta, andrebbe dall' equatore ai poli, se le differenze di salsedine fossero sole operative. Sotto quest' aspetto, la *distribuzione geografica* della temperatura e della densità delle acque del mare è d' un' alta importanza. Le numerose osservazioni di Lenz (*Annali* di Pogg., vol. XX, 1830, p. 139), e quelle che furono raccolte durante i viaggi del capitano Becchey (*Voyage to the Pacif.*, vol. II, p. 727), meritano un'attenzione particolare. Cf. Humboldt, *Relat. hist.*, t. I, p. 74 ed *Asie Centrale*, t. III, p. 356.

(70) pag. 284. Humboldt, *Relat. hist.*, t. I, p. 64; *Nouvelles Annales des Voyages*, 1839, p. 255.

(71) pag. 285. Humboldt, *Examen crit. de l' hist. de la géogr.*, t. III, p. 100, Colombo aggiunge: « Nel mare delle Antille questo movimento è più forte. » (Navarrete, *Coleccion de los viages y descubrimientos de los Espanoles*, t. I, p. 260). Ed infatti Rennell chiama quella regione: « *not a current, but a sea in motio* « (*Investigations of Current*, p. 23).

(72) pag. 285. Humb., *Examen crit.*, t. II, p. 250. *Relat. hist.* t. I, p. 66-74.

(73) pag. 285. *Petrus Martyr de Angleria*, *De rebus Oceanicis et Orbe Novo*, Bas. 1523, Dec. III, lib. VI, p. 57. Humboldt, *Examen crit.*, t. II, p. 254-257, e t. III, p. 108.

(74) pag. 285. Humboldt, *Examen crit.*, t. III, p. 64-101.

(75) pag. 285. Questa voce misteriosa gli diceva: « *Maravillosamente Dios hizo sonar tu nombre en la tierra; de los atamientos de la mar Oceana, que estaban cerrados con cadenas tan fuertes, te diò las llaves.* » Colombo ha raccontato questo sogno nella sua lettera al re di Spagna, in data del 7 lugio 1503 (Humboldt, *Examen critique*, t. III, p. 234).

(76) pag. 290. Boussingault, *Recherches sur la composition de l' atmosphére*, negli *Annales de Chimie et de Physique*, t. LVII, 1834, p. 171-173. Secondo Boussingault e Lewy, la proporzione d'acido carbonico contenuta nell'atmosfera ad Andilly, lontano quindi dalle emanazioni delle città, oscillerebbe soltanto tra 0,00028 e 0,00031 in volume.

(77) pag. 290. Liebig, nella sua importante opera: *La chimica organica nella sua applicazione all' agricoltura ed alla fisiologia*, 1840, p. 64-72. Sull'influenza dell'elettricità atmosferica nella produzione del nitrato d'ammoniaca, il quale è trasformato in acido carbonico dal contatto con la calce, V. Boussingault, *Economie rurale considerée dans ses rapports avec la Chimie et la Météorologie*, 1844, t. II, p. 247 e 697 (Cf. altresì t. I, p. 84).

(78) pag. 290. Lewy, *Comptes rendus de l' Acad. des Sciences*, t. XVII, p. 2, p. 235-248.

(79) pag. 290. G. Dumas, *Annales de Chimie*, 3.a serie, t. III, 1841, pagina 257.

(80) pag. 290. In questa enumerazione ho omesso l' acido carbonico che le piante esalano durante la notte, in pari tempo che assorbano l'ossigeno, perchè tale emissione d'acido carbonico è largamente compensata dall'atto della respirazione dei vegetali durante il giorno. Cf. Boussingault, *Économie rurale*, t. I, p. 53-68; *Chimica organica*, p. 16 e 21.

(81) pag. 291. Gay-Lussac, negli *Annali di Chimica*, t. XIII, p. 120; Payen, *Mémoire sur la composition chimique des vegetaux*, p. 36 e 42. Liebig, *Chimica organica*, p. 299-345; Boussing., *Économie rurale*, t. I, p. 142-153.

(82) pag. 291. Applicando le formole che Laplace aveva comunicate al *Bureau des Longitudes*, poco tempo avanti la sua morte, Bouvard ha trovato, nel 1827, che la parte delle variazioni orarie della pressione atmosferica, che dipende dall' attrazione della luna, non potrebbe aumentare a Parigi l' altezza del mercurio nel barometro più di 0,018 di millimetro: mentre che, secondo undici anni d' osservazioni fatte a Parigi, l' oscillazione media del barometro era di 0,756 di millimetro, dalle 9 del mattino alle 3 dopo mezzodì; e di 0,373 di millimetro dalla 3 del dopo mezzodì alle 9 del mattino. V. *Mémoires de l' Acad. des sciences*, t. VII, 1827, p. 267.

(83) pag. 292. *Observations faites pour constater la marche des variations horaires du Barométre sous les Tropiques*, nella mia *Relation historique du Voyage aux Régions Equinoxiales*, t. III, p. 270-313.

(84) pag. 293. Bravais, in Kaemtz e Martins, *Météorologie*, p. 263. A Halle (lat. 51° 29′), l' amplitudine dell' oscillazione è ancora di 0,631 di millimetro. Per le montagne delle zone temperate, la determinazione precisa delle ore del massimo e del minimo sembra esigere una lunga serie d'osservazioni; Cf. le osservazioni di variazioni orarie che vennero raccolte nel 1832, 1841 e 1842, sulla sommità del Faulhorn; Martini, *Météorologie*, p. 254.

(85) pag. 293. Humboldt, *Essai sur la géographie des plantes*, 1807, pag. 90. *Relat. hist.*, t. III, p. 313; e sulla diminuzione della pressione atmo-

sferica nelle regioni intertropicali dell' Oceano Atlantico, V. *Annali di Fisica* di Poggendorf, vol. XXXVII, p. 245-258, e p. 468-486.

(86) pag. 294. Daussy, nei *Comptes rendus*, t. III, p. 156.

(87) pag. 294. Dove, *sulle Tempeste*, negli *Annali* di Poggendorf, vol. LII, pag. 1.

(88) pag. 294. Leopoldo di Buch, *Rosa barometrica dei venti*, nelle Mem. dell' Accad. di Berlino, 1818-1819, p. 187.

(89) pag. 294. Dove, *Ricerche meteorologiche*, 1837, p. 99-345; V. pure le ingegnose osservazioni di Kaemtz sulla corrente d'ovest superiore che ricade verso le latitudini elevate e sui fenomeni generali della direzione dei venti, nelle *Lezioni sulla meteorologia*, p. 58-66, 196-200, 327-336, 353-364; Kaemtz, nell'*Annuario* di Schumacher per l'anno 1838, p. 291-302. Dove ha pubblicato una esposizione molto importante dei principali fenomeni meteorologici, in un breve scritto: *Clima di Berlino*, 1842. La relazione de'venti è stata conosciuta dagli antichi navigatori (Churruca, *Viage al Magellanes*, 1759, p. 15). Sopra un detto memorabile di Cristoforo Colombo, che ci venne conservato da suo figlio don Fernando Colombo nella *Vita del Almirante* cap. 55, V. Humboldt, *Examen critique de l' hist. de la Géographie*, t. IV, p. 253.

(90) pag. 295. *Monsun*, (in malese *musim*, l' ippalo dei Greci, viene dal l' arabo *mausim*, epoca fissa, stagione, epoca del raunamento di coloro che fanno il pellegrinaggio della Mecca. Questo vocabolo venne applicato alla stagione dei venti regolari, i quali traggono il loro nome specifico dalle regioni donde soffiano; laonde si dice il *mausim* d' Aden, il *mausim* di Guzzerato, del Malabar, ec. (Lassen *Archeologia indiana*, vol. I, 1845, p. 211, ted.). Sul l' influenza contraria della *base solida* e della *base liquida* dell' atmosfera, V. Dove, nelle *Mem. dell' Accad. di Berlino*, 1842, p. 239.

(90) (*bis*)) pag. 301. Humboldt, *Recherches sur les causes des inflexions des lignes isothermes*, nell' *Asie Centrale*, t. III, p. 103-114, 118, 122, 188.

(91) pag. 301. Giorgio Forster, *Piccoli scritti*, P. III, 1794, p. 87, ted.; Dove nell' *Annuario* di Schumacher pel 1841, p. 289; Kämtz, *Meteorologia*, vol. II, p. 41, 43, 67 e 96; Arago, nei *Comptes rendus*, t. I, p. 268.

(92) pag. 302. Dante *Divina Commedia*, *Purgatorio*, canto III.

(93) pag. 303. Humboldt, *sur les lignes isothermes*, nelle *Mémoires de phys. et de chimie de la Société d' Arcueil*, t. III, Parigi, 1817, p. 14-165; Knight, nelle *Transact. of the horticultural Society of London*, vol. I, p. 32; Watson, *Remarks on the geographical distribution of British plants*, 1835, p. 60; Trevelyan, nel *New Edinb. Philos. Journal de Jameson*, n.º 18, p. 154; Mahlmann, nella sua eccellente traduzione tedesca della mia *Asie centrale*, P. II, p. 60.

(94) pag. 304. « *Haec de temperie aeris, qui terram late circumfundit, ac in quo, longe a solo, instrumenta nostra meteorologica suspensa habemus. Sed alia est caloris vis, quem radii solis nullis nubibus velati, in foliis ipsis et fructibus maturescentibus, magis minusve coloratis, gignunt, quem-*

que, ut egregia demonstrant experimenta amicissimorum Gay-Lussacii et Thenardi de combustione chlori et hydrogenis, ope thermometri metiri nequis. Etenim locis planis et montanis, vento libe spirante, circumfusi aeris temperies eadem esse potest coelo sudo vel nebuloso ; ideoque ex observationibus, solis thermometricis, nullo adhibito photometro, haud cognosces, quam ob causam Galliae septentrionalis tractus Armoricanus et Nervicus, versus littora, coelo temperato sed sole raro utentia, vitem fere non tolerant. Egent enim stirpes non solum caloris stimulo, sed et lucis, quae, magis intentia locis excelsis quam planis, duplici modo plantas movet, vi sua tum propria, tum calorem in superficie earum excitante. » (Humboldt, *De distributione geographica plantarum*, 1817, p. 163-164).

(95) pag. 304. Humboldt. op. cit., p. 156-161 ; Meyen, nel suo *Saggio sulla geografia delle piante*, 1836, p. 379-467, ted.; Boussingault, *Économie rurale*, t. II, p. 675.

(96) pag. 304. Inserisco qui un quadro la cui scala decrescente rappresenta le diverse situazioni dell'industria vinicola in Europa, e l'abbassamento dei suoi prodotti in ragione dei climi. V. la mia *Asie Centrale*, t. III, p. 159. Agli esempi citati nel testo del Cosmos, per la produzione del vino a Bordeaux ed a Potsdam, unisco qui i dati numerici relativi alle sponde del Reno e del Meno (lat. 48°35'-50°7'). Si vede per Cherburgo (Normandia) e Dublino (Irlanda), i cui climi sembrano differire sì poco da quelli dell' interno dell'Europa continentale, allorchè se ne giudica dalle indicazioni d' un termometro sospeso all' ombra, si vede, io dico, che lo stato abitualmente sereno o nebuloso del cielo può influire sui prodotti vegetali, al segno d' affrettare o d' impedire la maturazione.

LUOGHI	Latitudine	Altezza in metri	Anno	Inverno	Primavera	Estate	Autunno	Numero degli anni d'osservazione
Bordeaux	40°, 50	8	13°9	6°,1	13°4	21°7	14°4	10
Strasburgo	48,35	146	9,8	1,2	10,0	18,1	10,0	35
Eidelberga	49,24	101	9,7	1,1	10,0	17,9	9,9	20
Manheim	49,29	92	10,3	1,5	10,4	19,5	9,8	12
Wurzburgo	49,48	172	10,1	1,6	10,2	18,7	9,7	27
Francoforte sul Meno	50,7	117	9,6	0,8	10,0	18,0	9,7	19
Berlino	52,31	31	8,6	0,6	8,1	17,5	8,6	22
Cherburgo (nessun vino)	49,39	0,	11,2	5,2	10,4	16,5	12,5	3
Dublino	53,23	0	9,5	4,6	8,4	15,3	9,8	13

Il grande accordo che i dati meteorologici delle vallate del Reno e del Meno presentano fra esse e nel modo onde il calore dell'anno si trova ripartito fra le diverse stagioni, prova l'esattezza delle osservazioni sulle quali questi dati si fondano. In questo quadro l' universo comprende i mesi di dicembre, di gennaio e di febbraio, secondo l'uso adottato con ragione per tutti i quadri meteorologici. Quando si paragona la qualità dei vini in Franconia o nei paesi delle sponde del Baltico, con la media temperatura dei mesi d'estate e d'autunno a Wurzburgo ed a Berlino, fa quasi stupore di non trovare se non differenze di 1° a 1°, 2°; ma quelle della primavera differiscono di 2°; l'epoca della fioritura della vite durante le tarde gelate di maggio, e dopo un inverno più freddo altresì di 2°, è un elemento così importante come possono esserlo l'epoca della tarda maturazione del grappolo e l'influenza della luce solare diretta e non diffusa. La differenza di cui è

questione nel testo, fra la temperatura vera superficiale del suolo e i dati d'un termometro posto all'ombra, venne studiata da Dove, coll'aiuto d'osservazioni raccolte per quindici anni in un giardino di Chiswick, presso Londra (*Rapporto sugli Atti dell' Accademia di Berlino*, agosto 1844 p. 285).

(97) pag. 305. Cf. il mio trattato *Sulle cause principali della diversità delle temperature alla superficie del globo*, nelle *Mem. dell' Accad. di Berlino*, 1827, p. 311.

(98) pag. 306. Il suolo della Siberia compreso fra Tobolsk, Tomsk e Barnual dall' Altai fino al mar Glaciale, non è così alto come quello di Manheim e di Dresda; ed anche Irkutsk, situato all' est del Jenisei, 1/3 più basso di Monaco; l'altezza è di 405 m.

(99) pag. 307. Humboldt, *Recueil d'observations astronomiques*, t. I, p. 126-140; *Relation historique*, t. I, p. 119, 141 e 227; Biot, nella *Connaissance des temps* per l'anno 1841, p. 90-109.

(100) pag. 309. Anglerius, *De Rebus Oceanicis*, dec. II, lib. II, p. 140 (ed. Col. 1574). Nella Sierra di Santa Marta di cui le più alte cime sembrano dover oltrepassare 5800 m. (V. la mia *Relat, hist.*, t. III, p. 214), una di quelle alte sommità chiamasi ancora *Pico de Gaira*.

(1) pag. 310. Cf. la mia tavola delle altezze delle nevi perpetue nei due emisferi da 71° 1/4 di latitudine boreale fino a 53° 54' di latitudine australe, nell' *Asie centrale*, t. III, p. 360.

(2) pag. 311. Darwin, *Journal of the voyages of the Adventure and Beagle*, p. 297. Siccome il vulcano di Aconcagua a quel tempo non era in eruzione, la mancanza delle nevi (questo fenomeno si presenta talora sul Cotopaxi) mal potrebbe essere attribuita ad un riscaldamento rapido dell' interno del cratere od all' emissione di gas fortemente riscaldati a traverso le fenditure (Gillies, nel *Journal of Nat. Sciences*, 1830, p. 316).

(3) pag. 312. Vedi la mia *Seconde Mémoire sur les montagnes de l' Inde* negli *Annales des Chimie et de Phisique*, t. XIV, p. 5-55, ed *Asie Centrale*, t. III, p. 281-327. Mentre i Viaggiatori più valenti e più sperimentati che abbiano visitato l' Imalaia, Colebrooke, Webb ed Hodgson, Vittore Jacquemont, Forbes Noyle, Carlo di Hügel e Vigne, hanno tutti confermato l' eccedenza di altezza delle nevi sulla pendice tibetana, un tal fatto è stato messo in dubbio da John Gerard, dal geologo Mac Clelland, editore del *Calcutta Journal* e dal tenente Tommaso Hutton (Assistant Surveyor of the Division). L'apparizione della mia opera sull' Asia centrale ha rianimato la contesa. Un numero recente d'un giornale pubblicato alle Indie (Mac Clelland and Griffith, *The Calcutta Journal of natural history*, vol. IV, 1844 *Janaury*) contiene una notizia assai notabile ed affatto decisiva sui limiti delle nevi dell' Imalaia. Batten (Bengal service) scrive dal campo di Semulka sul fiume di Cosillah, nella provincia di Kumaon: « Ho testè letto con sorpresa le asserzioni del sig. Tommaso Hutton sul limite delle nevi eterne. È mio dovere di contraddire simili asserzioni, specialmente quando veggo il sig. Mac Clelland parlare fin anco del servigio che il sig. Hutton ha reso alle scienze, distruggendo un er-

rore generalmente invalso (*Journal of the Asiatic Society of Bengal*, vol. IX. Calcutta 1840, p. 575, 578 e 580). Si ha torto d' affermare che ogni viaggiatore il quale avrà percorso l' Imalaia dividerà i dubbil del sig. Hutton. Io sono uno di quelli che visitarono più di frequente la parte occidentale della nostra potente catena. Io sono andato, pel Borendo-Pass, nella vallata di Buspa e nel basso Kunawur, e sono ritornato nelle montagne del Gurwall, traversando l' alta stretta di Rupin. Sono giunto alle sorgenti della Jumna verso Jumnotri; di là mi sono diretto verso gli affluenti del Gange di Mundakni e Wischnù-Aluknunda, verso Kadarnat ed il celebre picco nevoso di Nundidevi. Sovente ho traversato il Niti Pass per venire nell' altopiano tibetano. Ho fondato io stesso lo stabilimento di Bhote-Mehals. La situazione della mia dimora in mezzo alle montagne mi ha posto da sei anni in comunicazione abituale co' viaggiatori europei ed indigeni da cui ho potuto trarre le migliori indicazioni sull' aspetto del paese. Tutti i documenti che sono riuscito a raccorre in siffatta guisa, ne' miei viaggi o per le mie relazioni personali, m'hanno condotto ad una convinzione che sono in grado di difendere, cioè che nell' *Imalaia il limite delle nevi eterne è più elevato sulla pendice settentrionale* (*tibetana*) *che sulla pendice meridionale indiana*. Il sig. Hutton cangia la questione mentre crede di confutare le conclusioni del sig. di Humboldt sul fenomeno preso nella sua generalità; egli combatte un' idea che si è fabbricata egli stesso; cerca di provare, e noi siamo pronti a concederglielo, che *in certe montagne* dell' Imalaia la neve ha potuto durare più a lungo sulla pendice del nord che su quella del sud. » (Cf. altresì la nota (5), p. 22). Se l' altezza media dell' altopiano tibetano è di 3500 metri, è permesso di paragonarlo al fertile altopiano di Caxamarca, nel Perù; ma questa medesima valutazione lo colloca a 400 metri sopra l' altopiano di Bolivia, dove si trova il lago di Titicaca, e del lastricato della città di Potosì. Giusta la volutazione che Vigne ha inferita dal punto d' ebollizione dell' acqua, l' altezza di Ladak è di 3046 m. Questa altezza è probabilmente anche quella di H' Lassa (Yul-Sung), città interamente monastica, attorniata di vigne e chiamata dagli scrittori chinesi *Regno della gioia*. Sono forse tali vigne situate in valloni profondamente stagliati?

(4) pag. 312. Cf. Dove, *Comparazione meteorologica dell' America del Nord e dell'Europa*, nell'*Annuario* di Schumacher pel 1841, p. 311, e le *Ricerche meteorologiche* dello stesso autore, p. 140.

(5) pag. 313. La quantità media di pioggia è stata, a Parigi, dal 1805 1822, di 507 millimetri, secondo Arago; a Londra, dal 1812 al 1827, di 632 millimetri; a Ginevra, per una media di ventitre anni d' osservazione di 776 millimetri. Sulle coste dell' Indostan, la quantità annuale di pioggia varia tra 2924 e 3248 millimetri; a Cuba, nel 1821, non ne cadde meno di 3600 millimetri. V. sulla distribuzione della quantità di pioggia secondo le stagioni, nell' Europa media, le eccellenti osservazioni di Gasparin, di Schouw e di Bravais, nella *Bibliot. universelle*, t. XXXVIII, p. 54 e 264. *Tableau du climat de l' Italie*, p. 76, e le note di cui Martius ha arricchito la sua bella traduzione francese di Kaemtz, *Lezioni di Meteorol.*, p. 142.

(6) pag. 313. Secondo Boussingault (*Economie rurale*, t. II, p. 693), la quantità di pioggia a Marmato (lat. 5° 27', altezza 1425 m. temper. media 20°,4) è stata, nel 1833 e nel 1834, di 1629 millimetri per la media dei due anni, mentre a Santa Fe di Bogata (lat. 4° 26' altezza 2647 m., e temperatura med. 14°, 5') essa non era che di 1004 millim.

(7) pag. 314. Per le particolarità di questa osservazione, V. la mia *Asie Centrale*, t. III, p. 85-89 e 567; sullo stato igrometrico dell'atmosfera delle basse pianure dell'America del Sud, V. la mia *Relat. hist.* t. I, p 242-248; t. II, p. 45, 146.

(8) pag. 314. Kaemtz, *Lezioni di Meteorologia*, p. 117.

(9) pag. 315. Sull'elettricità che proviene dall'evaporazione ad una temperatura elevata, V. Peltier, negli *Annales de Chimie*, t. LXXV, p. 330.

(10) pag. 315. Pouillet, negli *Annales de Chimie*, t. XXXV, p. 405.

(11) pag. 315. De la Rive, nel suo eccellente *Essai historique sur l'Electricité* p. 140.

(12) pag. 315. Peltier, nei *Comptes rendus de l' Acad. des Sciences*, t XII, p. 307; Becquerel, *Traité de l' Electricité et du Mognet.*, t. VI, p. 107.

(13) pag. 315. Duprez, *Sur l'elect., de l'air* (Brusselles, 1844), p. 56-61.

(14) pag. 316. Humboldt, *Relat. hist.*, t. III, p. 318. Non parlo qui delle ricerche da me fatte con un elettrometro di Saussure armato d'un conduttore metallico lungo un metro, ricerche nelle quali l'elettrometro non riceveva alcun movimento, d'alto in giù, nè dal basso insù ed in cui il conduttore non era armato d'una spugna imbevuta d'alcoole acceso. Quelli dei miei lettori che sono informati dei punti presentemente controversi nella teoria dell'elettricità atmosferica, comprenderanno lo scopo di questa restrizione. Quanto alla formazione dei temporali sotto i tropici, V. la mia *Relat. hist.*, t. II, p. 45 e 202-209.

(15) pag. 316. Gay Lussac, negli *Annales de Chimie et de Phys.* t VIII, p. 167. La discrepanza che v'ha tra le vedute di Lamé, di Becquerel e di Peltier non permette di decidere ancora sulla causa della distribuzione specifica dell'elettricità delle nuvole, le une cariche d'elettricità positiva, le altre d'elettricità negativa. L'elettricità negativa, che si sviluppa nell'aria presso cascate dove l'acqua è incessantemente ridotta in fina polvere, è un fenomeno assai singolare; venne scoperto primamente da Tralles, ed io ebbi spesso occasione di verificarlo sotto latitudini molto diverse; i suoi effetti sono ancora sensibili a 100 o 130 m. di distanza per un elettrometro.

(16) pag. 316. Arago, *Annuaire de Bureau des Longit. pour* 1838 p. 246.

(17) pag. 316 Medesima op., p. 249-266 (Cfr. p. 268-279).

(18) pag. 317. Med. op., p. 388-391. L'accademico Boer che ha fatto fare tanti progressi alla meteorologia del nod dell'Asia, non ha avuta in mira l'eccessiva rarità delle procelle in Irlanda e nella Groenlandia; dice solamente che si è udito tuonare qualche volta alla Nuova Zembla ed allo Spitzber (*Bulletin de l' Acad. de Saint-Petersbourg*, 1839, maggio).

(19) pag. 318. Kaemtz, nell' *Annuario* di Schumacher pel 1838, p. 283

(Sulla comparazione delle leggi della distribuzione del calore a levante ed a ponente in Europa e nell'America del nord. V. Dove, *Repertorio di Fisica*, vol. III, p. 392-395, Ted.).

(20) pag. 320. La *Storia delle Piante*, ch'è stata abbozzata con molta valentia da Endlicher ed Unger (*Elementi di Botanica*, 1843, p. 449-468), era stata distinta dalla *Geografia delle piante* un mezzo secolo avanti negli aforismi della mia *Flora sotterranea*: « *Geognosia naturam animantem et inanimam vel, ut vocabulo minus apto, ex antiquitate saltem haud petito, utar, corpora organica aeque ac inorganica considerat. Sunt enim tria quibus obsolvitur capit: Geographia oryctologica, quam simpliciter geognosiam vel geologiam dicunt, virque acutissimus Wernerus egregie digessit; Geographia zoologica, cujus doctrinae fundamenta Zimmermannus et Treviranus jecerunt; et Geographia plantarum, quam aequales nostri diu intactam reliqueretur, Geographie plantarum vincula et cognationem tradit, quibus omnia vegetabilia inter se connexa sint, terreae tractus quos teneant, in aerem atmosphaericum quae sit eorum vis ostendit, saxa atque rupes quibus potissimum algarum primordiis radicibusque destrantur docet, et quo pacto in telluris superficie humus nascatur, commemorat. Est itaque quod differat inter geognosiam et physiographiam, historia naturalis perperam nuncupatam, quum Zoognosia, Phytognosia et Oryctognosia, quae quidem omnes in naturae investigatione versantur, non nisi singularum animalium, plantarum, rerum metallicarum vel (venia sit verbo) fossilium formas, anatomen, vires scrutantur. Historia telluris, geognosiae magis quam physiographie affinis, nemini adhuc tentata, plantarum animaliumque genera orbem inabitantia primoevum, migrationes eorum compluriumque interitum, ortum quem montes, valles, saxorum strata et venae metalliferae ducunt, aerem, mutatis temporum vicibus, modo purum, modo vitiatum, terrae superficiem humo plantisque paulatim obtectam, fluminum inundantium impetu denuo nudatam, iterumque siccatam et gramine vestitam commemorat. Igitur Historia zoologica, Historia plantarum et Historia oryctologica, quae non nisi pristinum orbis terrae statum indicant, a geognosia probe distinguendae.* » (Humboldt, *Flora Fribergensis subterranea, cui accedunt aphorismi ex Physiologia chimica plantarum*, 1793, P. IX, X.). Sui movimenti spontanei di cui è parola più avanti nel testo, Cf. un passo notabile d'Arist., *De Coelo*, II, 2, p. 284, Bekker, in cui la distinzione tra i corpi animati od i corpi inanimati è tratta dal modo di determinazione al movimento sia interno, sia esterno. « L'anima nutritiva dei vegetali, dice lo Stagirita, non produce alcun movimento, perchè è immersa in un intorpidamento da cui nulla può trarla (Arist., *De generatione animal.* P. I, p. 778 Bekker); essi non hanno di proprio alcun desiderio che gli ecciti a produrre movimenti di per sè stessi. » (Aristotele, *De sommo et Vigil.*, cap. I, p. 455 Bekker).

(21) pag. 323. Memoria d'Ehrenberg *sulla vita microscopica nell'Oceano*, letta all'*Accademia delle scienze di Berlino*, il 9 maggio 1844.

(22) pag. 323. Humboldt, *Quadri della Natura*.

(23) pag. 324. Sulla moltiplicazione per la divisione spontenea del corpo generatore e per l' intercalazione d' una sostanza novella, V. Ehrenberg, *Delle specie animali attualmente viventi della formazione cretacea*, nelle *Mem. dell'Accad. di Berlino*, 1839, p. 94. La maggior. facoltà generativa, nella natura, è quella dei vorticelli. Trovasi la valutazione del massimo di rapidità a cui possa pervenire lo sviluppamento di massa nella grande opera di Ehrenberg *Gl'infusorii considerati come organismi completi*, 1838, P. XIII, XIX e 244. « La via lattea di tali organismi è formata delle specie *Momas*, *Vibrio*, *Bacterium et Bodo.* » La vita è sparsa nella natura con una tale profusione, che piccoli infusorii vivono da parassiti sopra altri infusorii più grandi, ed i primi servono anzi anch' essi di dimora ed altri infusorii ancora più piccoli. (V. p. 194, 211 e 512).

(24) pag. 324. Aristotele, *Hist. animal.* V. 19, p. 552.

(25) pag. 325. Ehrenbèrg, op. cit. P. XIV, 122 e 493. Alla moltiplicazione rapida degli animaluncoli microscopici si congiunge per alcuni (anguille del frumento, infusorii rotolati in cerchio, orsi d'acqua o tardigradi) una mirabile vitalità. Dopo essere stati dissecati per 28 giorni nel vuoto, mediante il cloruro di calce ed acido solforico, dopo essere stati riscaldati a 120°, questi infusorii poterono ancora essere richiamati alla vita ed uscire dal loro intorpidimento. V. le belle ricerche di Doyère, nella sua mem. *Sui tardigradi e sulla loro proprietà di ritornare alla vita*, 1842, p. 119, 129, 131 e 133. Cf. in generale, sulla risurrezione degl'infusorii dissecati per anni interi, Ehrenbèrg, p. 492, 496.

(26) pag. 325. Sulla « trasformazione primitiva » presunta della materia organica od inorganica in piante ed in animali, Cf. Ehrenberg, negli *Annali* di Poggendorf, vol. XXIV, p. 1, 48, e lo stesso autore, *Animaluncoli infusorii*, p. 121 e 525, con Giovanni Müller, *Fisiologia dell'uomo* (4.ª ediz. 1844), v. 1, p. 8, 17, ted. Mi sembra cosa molto degna d' osservazione che sant' Agostino, trattando la questione: come le isole abbiano potuto ricevere, dopo il diluvio, nuove piante e nuovi animali?, non si mostri minimamente lontano d'aver ricorso all'idea d' una generazione spontanea (*Generatio aequivoca, spontanea aut primaria*). « Se gli angeli od i cacciatori dei continenti, dice questo Padre della Chiesa, non hanno trasportato animali nelle isole lontane, bisogna ben ammettere che la terra gli abbia generati; ma allora sorge il quesito a qual fine rinchiudere nell' arca animali d' ogni specie. » *Si e terra exortae sunt (bestiae) secundum originem primam, quando dixit Deus:* PRODUCAT TERRA ANIMAM VIVAM! *multo clarius apparet, non tam reparandorum animalium causam, quam figurandorum variarum gentium* (?) *propter ecclesiae sacramentum in Arca fuisse omnia genera, si in insulis, quo transire non posseat, multa animalia terra pruduxit.* AUGUSTINUS DE CIVITATE DEI, lib. XVI, cap. 7 (*Opera ed Monach. ordinis S. Benedicti*, t. VII, Venet., 1752, p. 422. — Di già due secoli avanti il vescovo d'Ippona troviamo stabilita, 'negli estratti di Trogo Pompeo, tra il prosciugamento dell' antico mondo, dell' altopiano asiatico, e la generazione spontanea, una connessione simile a quella che si trova nella teoria del gran Linneo sul paradiso terrestre e nei sogni del secolo

XVIII sull' Atlatide favolosa. « *Quod si omnes quondam terrae submersae profundo fuerunt, profecto editissimam quamque partem decurrentibus aquis primum, detectam; humillimo autem solo eandem aquam diutissime immoratam, et quanto prior quaeque pars terrarum siccata sit, tanto prius animalia generare coepisse. Porro Scythiam adeo editiorem omnibus terris esse ut cuncta flumina ibi nata in Maeotim, tum deinde in Ponticum et Aegyptium mare decurrant.* » Justinus, lib. II, cap. I. L' erronea opinione che fa della Scizia un altopiano elevatissimo è assai antica poichè la troviamo già esplicatamente indicata in Ippocrate (*De aere et aquis*, cap. 6, § 96, Coray). » La Scizia, ei dice, forma una pianura alta e secca la quale, *senza essere coronata di montagne*, va sempre elevandosi verso il settentrione. »

(27) pag. 326. Humboldt, *Aphorismi ex Physiologia chemica plantarum*, nella *Flora Fribergensis subterranea*, 1793, p. 178.

(28) pag. 326. Sulla fisionomia dei vegetabili, V. Humboldt, *Vedute della natura*, vol. II, p. 1, 125.

(29) pag. 327. *Aetna Dialogus, Opuscula*, Basil., 1556, p. 55-54. In questi ultimi tempi, Philippi ha dato una bella geografia delle piante dell' Etna, V. *Linnaea*, 1832, p. 733.

(30) pag. 328. Ehrenberg, negli *Annali delle scienze naturali*. t. XXI, p 387-412; Humboldt, *Asie Centrale*, t. I, p. 339-342; III, p. 96-102.

(31) pag. 329. Schleiden, *Sull' evoluzione delle cellette vegetali* negli *Archivii per l' Anatomia e la Fisiologia* di Müller, 1838, p. 137-176, ted.; medes. autore, *Principii fondamentali della Botanica* P. I, p. 191; P. II, p. 11, ted; Schwann, *Ricerche microscopiche sulle similitudini di struttura e di sviluppamento tra gli animali e le piante*, 1839, p. 45 e 220. Cf. G. Miller, *Fisiologia dell' uomo*, 1840, P. II, p. 614.

(32) pag. 229. Schleiden, *principii di Botanica*, 1842, P. I, 192-197. Ted.

(33) pag. 330. Tacito nelle sue considerazioni sulla popolazione della Bretagna (*Agricola*, cap. II). distingue a meraviglia ciò che può riferirsi alle influenze del clima da ciò che, presso le tribù venute dal di fuori, appartiene per lo contrario all'antico ed immutabile potere del tipo ereditario. « *Britanniam qui mortales initio coluerunt, indigenae an advecti, ut inter barbaros, parum compertus. Habitus corporis varii, atque ex eo argumenta; namque rutilae Caledoniam habitantium comae, magni artus germanicam originem adseverant. Silurum colorati vultus et torti plerumque crines, et posita contra Hispania, Iberos veteres trajecisse, easqus sedes occupasse fidem faciunt: proximi Gallis et similes sunt, seu durante originis vi, seu, procurrentibus in diversa terris, positio coeli corporibus habitum dedit.* » Cf., sulla permanenza dei tipi di configurazione nelle regioni calde e fredde della terra e delle montagne del Nuovo Continente, la mia *Relat. hist.*, t. I, p. 498-503; t. II, p. 572-574.

(34) pag. 331. Cf. sulla razza americana in generale la magnifica opera di Samuele Giorgio Morton: *Crania americana*, 1839, p. 62-86, e sui cranii apportati da Pentland dall'alto paese di Titicaca *Dublin Journal of Medical an-*

de chemical Sciences, vol. V, 1834; p. 475; Alcide d'Orbigny, *L'Homme americain considéré sous ses rapports physiologiques et moraux*, 1859, p. 221. Vedi pure i *Viaggi nell'interno dell'America del Nord*, del principe Massimiliano di Wied, 1839, ted.; libro sì ricco di fine osservazioni etnografiche.

(35) pag. 331. Rodolfo Wagner, *Sulla generazione dei meticci e dei bastardi*, nelle sue osservazioni unite alla traduzione tedesca dell' opera di Prichard, *Storia naturale della specie umana* t. I, p. 174-188.

(36) pag. 331. Prichard, t. I, p. 431; t. II, p. 363-369.

(37) pag. 331. Onesicrito in Strabone, XV, p. 690 e 695 Casaub. — Welker (*Sulle tragedie greche*, in ted., t. III, p. 1078) è di opinione che i versi di Teodette citati da Strabone fossero tolti da una tragedia perduta, che aveva forse il titolo di *Memnone*.

(38) pag. 332. Gio. Müller, *Fisiologia dell' uomo*, in ted., t. II, p. 768, 772-774.

(39) pag. 334. Prichard, t. I, p. 431; t. II, p. 363-369.

(40) pag. 334. Il tardo arrivo delle tribù turche e mongole, sia sull' Oeso, sia nella steppa dei Chirgisi, è in opposizione coll' opinione di Niebuhr, secondo la quale gli Sciti d' Erodoto e d' Ippocrate sarebbero stati Mongoli. È molto verosimile che gli Sciti (Scoloti) debbano essere riferiti ai Massageti indo-germanici (Alani). I Mongoli, i veri Tartari (quest' ultimo vocabolo fu dato più tardi male a proposito a tribù puramente turche in Russia ed in Siberia), abitavano allora molto lungi nell' oriente dell' Asia. Cf. la mia *Asie Centrale*, t. I, p. 239 e 400; e l' *Examen critique de l' histoire et de la géographie*, t. II, p. 320. Un linguista distinto, il professore Buschmann, ricorda che Firdusi, nello Scianameh, il quale comincia con una storia mezzo mitica, fa menzione d'una « fortezza degli Alani » sulle sponde del mare, dove Selm, il figlio primogenito del re Feridun (due secoli certamente avanti Ciro), voleva riparare. I Chirgisi della steppa detta scitica erano originariamente una popolazione finica; essi sono oggidì verosimilmente, con le loro tre orde, i più numerosi di tutti popoli nomadi, e vivevano già al VI.° secolo nella steppa dove io li ho veduti. Il Bizantino Menandro (p. 389-382 ed. Miebuhr) racconta positivamente che lo sciacan dei Turchi (Thu-khiu) nel 569, fece dono d'una schiava chirgisa all' ambasciatore di Giustino II, Zemarco; egli la chiama χερχίς e del pari presso Abulgasi (*Hist. Mongolorum et Tatarorum*) i Chirgisi sono chiamati Kirkiz. La somiglianza dei costumi, là dove la natura del paese imprime loro un carattere dominante, è una prova assai poco certa dell'identità delle razze. La vita delle steppe produce presso i Turchi (Ti, Tukiu), presso i Baschiri (Finnesi), presso i Chirgisi, presso i Torgod ed i Dsungari (Mongoli), le usanze comuni alle tribù nomadi, quella delle tende di feltro, per esempio trasportato sopra carri ed erette presso le mandre.

(41) pag. 334. Guglielmo di Humboldt, *Sulla diversità di struttura delle lingue umane* nella grande opera *Sulla lingua kawi, nell'isola di Giava*, t. I, p. XXI, XLVII e CCXIV.

(42) pag. 334. La dottrina sì desolante, e più tardi tante volte ripetuta

dell' ineguaglianza del diritto alla libertà tra gli uomini, e della schiavitù come istituzione fondata sulla natura, trovasi pur troppo sviluppata con un rigore tutto sistematico in Aristotile, Politica, I, 3, 5, 6.

(43) pag. 336. Guglielmo di Humboldt, *Sulla lingua kawi*, t. III, p. 426. Io traggo dalla stessa opera le riflessioni seguenti : « Le impetuose conquiste d' Alessandro, quelle dei Romani, condotte con un' abilità interamente politica, quelle dei messicani, sì selvaggi e sì crudeli, le dispotiche unioni di territorio degl' Incas, hanno contribuito, nei due mondi, a far cessare l' isolamento dei popoli ed a formar più vaste società. Grandi e forti animi, nazioni intere agirono sotto l' impero d' un' idea che nella sua purezza morale, era loro compiutamente straniera. Il cristianesimo la promulgò primo, nella sua verità e carità profonda, quantunque sia occorso assai tempo per farla accogliere. Prima non erano che poche voci isolate. I tempi moderni hanno dato una nuova vita all' idea della civiltà, ed hanno suscitato il bisogno di estendere sempre più relazioni dei popoli tra essi e la loro coltura. La cupidità stessa acquista la persuasione ch' essa ha più da guadagnare per questa via di progresso che in un forzato isolamento. Il linguaggio vale più che alcun altra facoltà dell' uomo a formare un fascio dell' intera specie umana. Ed in vero, nella stessa sua proprietà di separare le nazioni, egli e tale che, mercè il concambio delle straniere favelle, concilia le differenze delle individualità, senza recar nocumento alla rispettiva originalità loro propria. » (Ivi p. 427).

FINE DELLA PARTE PRIMA.

INDICE

DELLE MATERIE

Avvertimento del Traduttore . . . . . . pag. IV
Prefazione dell' Autore . . . . » IX

INTRODUZIONE.

Considerazioni sui differenti gradi di diletto che offrono l'aspetto della natura e lo studio delle sue leggi . . » 15
Limiti e metodo d'esposizione della descrizione fisica del mondo . . . . » 52

IL CIELO.

Quadro generale dei fenomeni celesti . . . . . » 75
Nebulose . . . . » 82
Stelle nebulose . . . . » 83
Sistemi stellari . . . . » 85
Nostro sistema stellare . . . . » 87
Sistema solare . . . . » 88
Pianeti . . . . » 90
Satelliti . . . . » 93
Comete . . . . » 97
Stelle cadenti, bolidi, aeroliti . . . . . . » 110
Luce zodiacale. . . . . » 129
Il Sole . . . . » 134
Suo movimento di traslazione nello spazio. . . . » 135
Movimenti proprii delle stelle . . . . . . » ivi
Stelle doppie . . . . » 137
Distanze, masse, diametri apparenti delle stelle . . » 138
Aspetto variabile del cielo stellato . . . . . » 139
Centri d'attrazione fra i gruppi di stelle . . . . » 140
Via lattea formata di nebulose . . . . . . » 141
Propagazione successiva della luce. . . . . . » 144

LA TERRA.

Quadro generale dei fenomeni celesti . . . . . » 145
Figura della Terra . . . . » 153
Densità della Terra . . . . » 157
Calore interno della Terra. . . . . » 159
Temperatura media della Terra. . . . . . . » 162

Magnetismo terrestre . . . . pag. 164
Luci polari o Aurore boreali . . . . » 175
Reazione dell'interno del globo contro gli strati esterni . » 184
Terremoti. . . . . » 186
Emissioni gasose . . . . » 198
Sorgenti termali e sorgenti fredde . . . . . . » 200
Vulcani di fango . . . . » 204
Vulcani . . . . » 205
Descrizione geologica della scorza del globo . . . . » 225
Forme fondamentali delle rocce. . . . . » 226
Rocce endogene o rocce d' eruzione . . . . . . » 228
Rocce esogene o rocce di sedimento . . . . . . » 231
Rocce metamorfiche. . . . . » 234
Produzione artificiale dei minerali semplici . . . . » 245
Conglomerati. . . . . » 246
Costituzione chimica delle rocce in generale . . . » 247
Età relativa delle rocce . . . . » 248
Paleontologia, avanzi organici fossilizzati . . . . » 249
Paleozoologia, animali fossili . . . . » 250
Paleofilologia vegetali fossili . . . . » 255
Paleogeografia; stato della superficie del globo alle differenti epoche geologiche . . . . » 261
Geografia fisica, in generale . . . . » 265
La terraferma . . . . » 267
L'oceano . . . . » 281
L'Atmosfera. Meteorologia . . . . » 289
Pressione atmosferica . . . . » 292
Climi, distribuzione geografica del calore, linee isoterme, isotere, isochimene. . . . . » 296
Limiti delle nevi eterne . . . . » 310
Igrometria . . . . » 312
Elettricità atmosferica . . . . » 314
Dipendenza mutua dei fenomeni meteorologici . . . . » 317

VITA ORGANICA.

Quadro generale della vita organica . . . . . . » 319
Considerazioni sulla geografia delle piante e degli animali. » 325
L'uomo . . . . » 329
Annotazioni . . . . » 339

COSMOS

SAGGIO

DI UNA

DESCRIZIONE FISICA DEL MONDO